

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y  
AMBIENTAL  
INGENIERÍA DE PETRÓLEOS



ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS  
Y VARIABLES DE PERFORACIÓN EN LA CUENCA ORIENTE. ABRIL  
2013

CRISTIAN JAVIER CALISPA MANTILLA  
FAUSTO EDUARDO VILLEGAS VÉLEZ

QUITO, Abril, 2013



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y  
AMBIENTAL  
INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS  
Y VARIABLES DE PERFORACIÓN EN LA CUENCA ORIENTE. ABRIL  
2013

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el Grado o  
Título de Ingeniero de Petróleos.

CRISTIAN JAVIER CALISPA MANTILLA  
FAUSTO EDUARDO VILLEGAS VÉLEZ

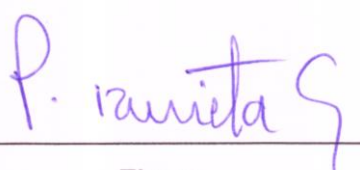
TUTOR  
Ing. PATRICIO IZURIETA

Quito, Abril, 2013

## ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Por la presente dejo constancia que he leído el Proyecto de Trabajo de Grado, presentado por los Señores: CRISTIAN JAVIER CALISPA MANTILLA y FAUSTO EDUARDO VILLEGAS VÉLEZ para optar el Título o Grado de cuyo título tentativo es: ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y VARIABLES DE PERFORACIÓN EN LA CUENCA ORIENTE. ABRIL 2013, y en tal virtud, acepto asesorar a los estudiantes, en calidad de Tutor, durante la etapa del desarrollo del trabajo de grado hasta su presentación y evaluación.

En la ciudad de Quito a los 15 días del mes de Octubre de 2012.

  
Firma

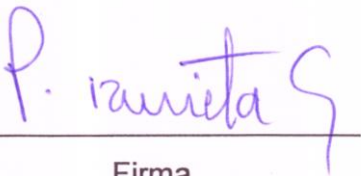
Ing. Patricio Izurieta  
Cd. N°...050018507-9

## INFORME DE APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Tutor de Grado, presentado por los Señores CRISTIAN JAVIER CALISPA MANTILLA y FAUSTO EDUARDO VILLEGAS VÉLEZ para optar el Título o Grado de Ingeniero de Petróleos cuyo título es: ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y VARIABLES DE PERFORACIÓN EN LA CUENCA ORIENTE. ABRIL 2013.

Considero que dicho Trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Quito a los 20 días del mes de Febrero del 2013.

  
Firma

Ing. Patricio Izurieta  
Cd. N° 050018507-9

## APROBACIÓN DEL TRABAJO/TRIBUNAL

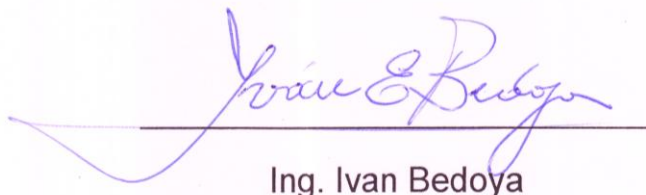
El Tribunal constituido por: Ing. Iván Bedoya, Ing. Víctor Hugo Paredes, Ing. Benigno Trujillo. Luego de receptar la presentación del trabajo de grado previo a la obtención del título o grado de Ingeniero de Petróleos presentado por los señores: Cristian Javier Calispa Mantilla y Fausto Eduardo Villegas Vélez, egresados de la Carrera de Ingeniería de Petróleos, ha sido revisada y verificada, dando fe de la originalidad del presente trabajo.

Con el título:

**“ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS  
PARÁMETROS Y VARIABLES DE PERFORACIÓN EN LA CUENCA  
ORIENTE. ABRIL 2013”**

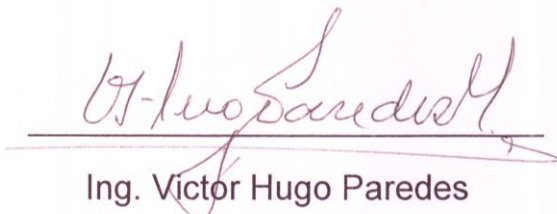
Ha emitido el siguiente veredicto: Se ha aprobado el Proyecto de Tesis para su Defensa Oral, En la ciudad de Quito a los 24 días del mes de Abril del 2013.

Para constancia de lo actuado.



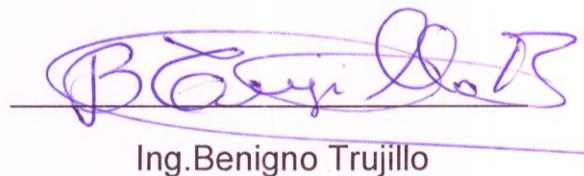
Ing. Ivan Bedoya

**DELEGADO DEL VICEDECANO**



Ing. Víctor Hugo Paredes

**VOCAL DE TESIS**



Ing. Benigno Trujillo

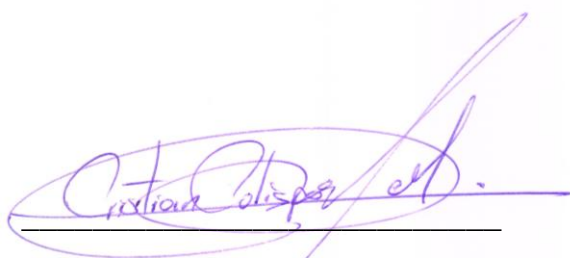
**VOCAL DE TESIS**

## AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL

Nosotros, CRISTIAN JAVIER CALISPA MANTILLA y FAUSTO EDUARDO VILLEGAS VÉLEZ, en calidad de autores de la tesis realizada sobre: “ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y VARIABLES DE PERFORACIÓN EN LA CUENCA ORIENTE. ABRIL 2013”, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autores nos corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a nuestro favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de propiedad Intelectual y su Reglamento.

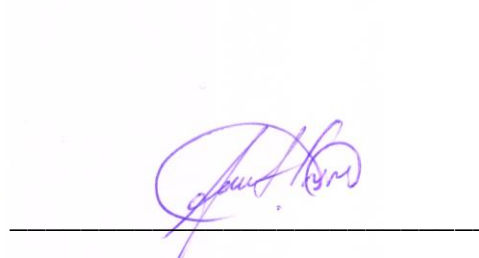
Quito, 24 de Abril del 2013.



---

Cristian Javier Calispa Mantilla

Cd. N°: 172053991-3



---

Fausto Eduardo Villegas Vélez

Cd. N°: 172079424-5

## DEDICATORIA

*A nuestros padres por su apoyo incondicional en todo momento ya que sin ustedes no hubiésemos logrado llegar hasta aquí.*

*A nuestros hermanos, para con quienes siempre sentimos la responsabilidad de ser alguien a quien pudieran referirse, para evitar los errores que pudimos haber cometido y mejorar los aciertos.*

*A nuestros pocos pero grandes amigos y queridas amigas, que nos acompañaron desde los inicios de nuestra carrera y siguen hasta hoy, ayudándonos a sortear las vicisitudes de la vida y siendo siempre un referente de lealtad, dedicación y perseverancia.*



## RECONOCIMIENTO

*A nuestros padres por haber labrado el camino que permitió convertirnos en profesionales al servicio de nuestro país.*

*Nuestra gratitud y estima a la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental de la Universidad Central del Ecuador que estableció nuestras bases de formación Profesional.*

*A Dios y a todos quienes contribuyeron con su asesoramiento, guía y experiencia para el desarrollo proactivo/efectivo del presente trabajo, en forma especial a los Ingenieros Marcelo Rosero y Einstein Barrera de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) quienes con su apoyo y asesoría impulsaron el desarrollo del presente proyecto, a nuestro tutor y amigo el Ingeniero Patricio Izurieta Director de la Escuela de Petróleos, a los miembros del Tribunal de Grado: Ingenieros, Víctor Hugo Paredes, Benigno Trujillo e Iván Bedoya quienes han colaborado incondicionalmente en nuestra formación personal y profesional.*

## ***ÍNDICE GENERAL***

	pp.
LISTA DE CUADROS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE GRÁFICOS	xiv
RESUMEN	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
Planteamiento y Formulación del problema	2
Hipótesis	3
Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Justificación	4
Factibilidad y accesibilidad	5
CAPÍTULO II	
II. MARCO TEÓRICO	6
Marco Institucional	6
Marco Legal	7
Marco Ético	7
Marco Referencial	8
ASPECTOS GENERALES DE LA CUENCA ORIENTE	8
Antecedentes.	8
Ubicación y descripción.	8

Columna estratigráfica.	9
<b>FUNDAMENTOS TÉCNICOS DE PERFORACIÓN DIRECCIONAL</b>	
Tipos de Pozos Direccionales.	10
Brocas.	11
Tipos de brocas.	11
Clasificación IADC para brocas Tricónicas.	13
Clasificación IADC para brocas Policristalinas y de Diamante (PDC).	15
Selección de broca.	16
Factores que afectan el desempeño de brocas.	17
Ensamblaje de Fondo (BHA)	18
Componentes del BHA	19
Fluidos de perforación	23
Funciones de los Fluidos de Perforación.	23
Hidráulica de Perforación	24
Máxima Potencia Hidráulica (MPH).	25
Máximo Impacto Hidráulico (MIH).	25
Velocidad en los jets	26
Área total de flujo (TFA).	26
Índice de Limpieza (HSI).	26
Diseño y Asentamiento de Casing	27
Clasificación tubería de revestimiento.	28
Determinación de las profundidades de asentamiento de las tuberías de revestimiento.	30
Parámetros de perforación	31
WOB (Peso sobre la broca).	31
RPM (Velocidad de rotación).	31
ROP (Velocidad de Penetración).	31
Torque.	31

### CAPÍTULO III

III. DISEÑO METODOLÓGICO	33
Tipo de Estudio	33
Universo y Muestra	34
Métodos y Técnicas de recolección de datos	34
Procesamiento y Selección de información	35

### CAPÍTULO IV

IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	36
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE POZOS SELECCIONADOS.	36
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE INFORMES FINALES DE PERFORACIÓN DE POZOS SELECCIONADOS.	39
Descripción de Formaciones Críticas en la Perforación.	39
(Formación Tiyuyacu).	39
(Formación Tena).	39
(Formación Napo).	40
Análisis de Problemas en las Formaciones Críticas.	47
Análisis de Parámetros y Variables de Perforación.	48
Variación de ROP Promedia en la Cuenca Oriente.	50
Análisis de la Sección de 16".	53
VARIACIÓN DE ROP.	56
VARIACIÓN DE WOB.	58
VARIACIÓN DE CAUDAL.	60
VARIACIÓN DE RPM.	62
VARIACIÓN DE TORQUE.	64
VARIACIÓN DE DENSIDAD DE LODO.	66
Análisis de la Sección de 12 ¼".	68
VARIACIÓN DE ROP.	71

VARIACIÓN DE WOB.	73
VARIACIÓN DE CAUDAL.	75
VARIACIÓN DE RPM.	77
VARIACIÓN DE TORQUE.	79
VARIACIÓN DE DENSIDAD DE LODO.	81
Análisis de la Sección de 8 ½".	83
VARIACIÓN DE ROP.	86
VARIACIÓN DE WOB.	88
VARIACIÓN DE CAUDAL.	90
VARIACIÓN DE RPM.	92
VARIACIÓN DE TORQUE.	94
VARIACIÓN DE DENSIDAD DE LODO.	96
RESULTADOS.	98
OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y VARIABLES DE PERFORACIÓN PARA CADA SECCIÓN EN ESTUDIO.	98
Sector Norte.	99
Sector Centro.	100
Sector Sur.	101
COMPARACIÓN DE PARÁMETROS OPTIMIZADOS CON EL POZO EDÉN YUTURI-135 SIDE TRACK 1.	103
CAPÍTULO V	
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
CAPÍTULO VI	
VI. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	108
CAPÍTULO VII	
ANEXOS	112
C Matriz de recopilación de parámetros de perforación.	113

C-1 Survey de Pozo.	114
C-2 Cuadro General de Problemas Sector Norte.	116
C-3 Cuadro General de Problemas Sector Centro.	118
C-4 Cuadro General de Problemas Sector Sur.	120
C-5 Bit Record de Pozo.	122
C-6 Cuadro General de Parámetros Operacionales Sector Norte.	124
C-7 Cuadro General de Parámetros Operacionales Sector Centro.	126
C-8 Cuadro General de Parámetros Operacionales Sector Sur.	128
D Glosario	130
E CURRÍCULUM VITAE	133

## LISTA DE CUADROS

CUADRO	pp.
<b>Cuadro 1.1</b> Columna estratigráfica de la Cuenca Oriente.	9
<b>Cuadro 1.2</b> Código IADC para brocas Tricónicas.	14
<b>Cuadro 1.3</b> Código IADC para brocas PDC.	16
<b>Cuadro 1.4</b> Accesorios del BHA.	23
<b>Cuadro 4.1</b> Ubicación de Pozos de estudio por Coordenadas UTM.	36
<b>Cuadro 4.2</b> Topes de Formaciones Críticas de pozos seleccionados.	44
<b>Cuadro 4.3</b> Variación de ROP Promedia por Pozo en la Cuenca Oriente.	50
<b>Cuadro 4.4</b> Descripción de Brocas por Sectores, Sección 16".	53
<b>Cuadro 4.5</b> Variación de Parámetros, Sección 16".	54
<b>Cuadro 4.6</b> Variación de ROP, Sección 16".	55
<b>Cuadro 4.7</b> Descripción de Brocas por Sectores, Sección 12 ¼".	68
<b>Cuadro 4.8</b> Variación de Parámetros, Sección 12 ¼".	69
<b>Cuadro 4.9</b> Variación de ROP, Sección 12 ¼".	70
<b>Cuadro 4.10</b> Descripción de Brocas por Sectores, Sección 8 ½".	83
<b>Cuadro 4.11</b> Variación de Parámetros, Sección 8 ½".	84
<b>Cuadro 4.12</b> Variación de ROP, Sección 8 ½".	85
<b>Cuadro 4.13</b> Parámetros y Variables de Perforación Óptimos en el Sector Norte de la Cuenca Oriente.	99
<b>Cuadro 4.14</b> Parámetros y Variables de Perforación Óptimos en el Sector Centro de la Cuenca Oriente.	101
<b>Cuadro 4.15</b> Parámetros y Variables de Perforación Óptimos en el Sector Sur de la Cuenca Oriente.	102

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	pp.
<b>Figura 1.1</b> Ubicación de la Cuenca Oriente.	8
<b>Figura 1.2</b> Tipos de Pozos Direccionales.	10
<b>Figura 1.3</b> Brocas Tricónicas.	12
<b>Figura 1.4</b> Brocas PDC.	12
<b>Figura 1.5</b> Tipos de barras de perforación.	20
<b>Figura 1.6</b> Tipos de estabilizadores.	22
<b>Figura 1.7</b> Ejemplo de distribución de tuberías de revestimiento.	29
<b>Figura 1.8</b> Selección de profundidades de asentamiento de las TR's	30



## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	pp.
<b>Gráfico 4.1</b> Mapa y sección estructural de la Cuenca Oriente con sus tres corredores estructurales-petrolíferos.	37
<b>Gráfico 4.2</b> Ubicación de Pozos de estudio en la Cuenca Oriente.	38
<b>Gráfico 4.3</b> Variación Litológica de Formaciones Criticas en la Cuenca Oriente Corte Norte-Sur.	45
<b>Gráfico 4.4</b> Variación Litológica de Formaciones Criticas en la Cuenca Oriente Corte Oeste-Este.	46
<b>Gráfico 4.5</b> Variación de ROP en la Cuenca Oriente (W-E).	51
<b>Gráfico 4.6</b> Variación de ROP en la Cuenca Oriente (N-S).	52
<b>Gráfico 4.7</b> Variación de ROP (W-E), Sección 16".	56
<b>Gráfico 4.8</b> Variación de WOB (W-E), Sección 16".	58
<b>Gráfico 4.9</b> Variación de Caudal (W-E), Sección 16".	60
<b>Gráfico 4.10</b> Variación de RPM (W-E), Sección 16".	62
<b>Gráfico 4.11</b> Variación de Torque (W-E), Sección 16".	64
<b>Gráfico 4.12</b> Variación de Peso de Lodo (W-E), Sección 16".	66
<b>Gráfico 4.13</b> Variación de ROP (W-E), Sección 12 ¼".	71
<b>Gráfico 4.14</b> Variación de WOB (W-E), Sección 12 ¼".	73
<b>Gráfico 4.15</b> Variación de Caudal (W-E), Sección 12 ¼".	75
<b>Gráfico 4.16</b> Variación de RPM (W-E), Sección 12 ¼".	77
<b>Gráfico 4.17</b> Variación de Torque (W-E), Sección 12 ¼".	79
<b>Gráfico 4.18</b> Variación de Peso de Lodo (W-E), Sección 12 ¼".	81
<b>Gráfico 4.19</b> Variación de ROP (W-E), Sección 8 ½".	86

<b>Gráfico 4.20</b> Variación de WOB (W-E), Sección 8 ½".	88
<b>Gráfico 4.21</b> Variación de Caudal (W-E), Sección 8 ½".	90
<b>Gráfico 4.22</b> Variación de RPM (W-E), Sección 8 ½".	92
<b>Gráfico 4.23</b> Variación de Torque (W-E), Sección 8 ½".	94
<b>Gráfico 4.24</b> Variación de Peso de Lodo (W-E), Sección 8 ½".	96

## RESUMEN

El presente proyecto se orienta en alcanzar la mayor eficiencia de los parámetros y variables de perforación de los sectores: Norte, Centro y Sur de la Cuenca Oriente, con el objeto de que las operaciones de perforación se optimicen disminuyendo el tiempo y costos en las operaciones.

A través de la disposición, recopilación, sistematización (elaboración de cuadros y matrices de mediciones y problemas), comparación y análisis de los reportes finales de perforación de pozos seleccionados de la Cuenca Oriente, se logró identificar los problemas presentados durante la perforación, al efectuar la caracterización litológica, se consiguió identificar causas que generaron los problemas encontrados y a la vez proponer sus posibles soluciones. Para la identificación litológica, se recopiló las profundidades de topes formacionales extraídos de registros de rípios de perforación de cada pozo, permitiendo construir secciones estructurales de las formaciones críticas (formación Tiyuyacu, Tena, Napo) donde se presenta la mayor afluencia de problemas en las operaciones, en dirección Oeste-Este para todos los sectores de la Cuenca Oriente.

### **Descriptores:**

<Optimización>, <Variables>, <Parámetros>, <Perforación>, <Direccional>, <Modelo Estándar>.

### **Abstract.**

This project aims at achieving greater efficiency of drilling parameters and variables of the sectors: North, Central and South of the Orient Basin, in order that drilling operations are optimized by reducing the time and costs in operations.

Through the provision, collection, organization (creating tables and matrices of measurements and problems), comparison and analysis of the final reports selected Drilling East Basin, we identified the problems encountered during drilling and to make lithological characterization, it was possible to identify causes that generated the problems encountered while proposing possible solutions. For lithological identification, we collected the depths of stops formational records extracted from drill cuttings from each well, allowing the construction of structural sections formations criticism (Tiyuyacu training, Tena, Napo) which presents the greatest influx of problems in operations, West East direction to all sectors of the Orient Basin.

## ABREVIATURAS

ARCH	Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífera
BHA	Ensamblaje o equipo de fondo
GPM	Galones por minuto “caudal”
HSI	Índice de limpieza de los recortes en el anular
IADC	Asociación Internacional de Contratistas de Perforación
MD	Profundidad medida en la trayectoria del hueco
ORT	Formación Orteguaiza
PDC	Diamante policristalino compacto
ROP	Rata de penetración
RPM	Velocidad de Rotación
ST	Side Track
TFA	Área total de flujo de las boquillas en la broca
T-IND	Formaciones del Terciario Indiferenciado
TIY	Formación Tiyuyacu
TR´s	Tubería de Revestimiento
TRIC	Broca Tricónica
TVD	Profundidad Vertical Verdadera
WOB	Peso sobre la broca

## INTRODUCCIÓN.

El propósito de este trabajo es alcanzar el máximo rendimiento de los parámetros de perforación de pozos direccionales controlados y fiscalizados por la ARCH (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífera) en la Cuenca Oriente, mediante la investigación de los parámetros de perforación y la caracterización litológica de los campos motivo de estudio, para ahorrar tiempo y costos a través de rangos óptimos de operación.

A través de la disposición, recopilación, sistematización (elaboración de cuadros y matrices de mediciones y problemas), comparación y análisis de los reportes finales de perforación de pozos seleccionados de la Cuenca Oriente, se logró identificar los problemas presentados durante la perforación y al efectuar la caracterización litológica, se consiguió identificar causas que generaron los problemas encontrados y a la vez proponer sus posibles soluciones. Para la identificación litológica, se recopiló las profundidades de topes formacionales extraídos de registros de rípios de perforación de cada pozo, permitiendo construir secciones estructurales de las formaciones críticas (formación Tiyuyacu, Tena, Napo) donde se presenta la mayor afluencia de problemas en las operaciones, en dirección Oeste Este para todos los sectores de la Cuenca Oriente.

El estudio de la frecuencia con que ocurren los problemas y la proyección del comportamiento de las variables y parámetros en cada sección del pozo y en todos los sectores, permitió la elaboración de modelos de perforación optimizada por cada sector de la Cuenca.

El presente proyecto de investigación es analítico, puesto que analiza los parámetros y variables de perforación, es prospectivo porque los resultados sirven para establecer un rango óptimo de operación, y es Transversal porque se analizara los datos en un solo momento durante 6 meses.

## **CAPÍTULO I**

### **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

#### **PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

La Cuenca Oriente de Sudamérica representa una de las cuencas subandinas (conjunto de cuencas sedimentarias que se extiende desde Colombia hasta Argentina), más complejas desde el punto de vista científico. Las reservas se contabilizan en alrededor de 30 billones de barriles de petróleo in situ acumulados en 100 campos. La alta densidad de información de subsuelo y la presencia de afloramientos relativamente buenos en su margen occidental han permitido desarrollar estudios guía para las estrategias de exploración y de producción de hidrocarburos.<sup>1</sup>

Por otra parte, en la actualidad la perforación direccional de pozos ha permitido un desarrollo más productivo de los campos petroleros y ha ayudado a mitigar el impacto ambiental, permitiendo alcanzar objetivos que se encuentren bajo zonas protegidas sin afectarlas en la superficie, aprovechar la alta permeabilidad de fracturas verticales en yacimientos con pozos horizontales.

La perforación de pozos es una fase crucial en la inversión de las compañías, la cual representa un alto costo en un tiempo muy corto, es crucial que esta actividad se desarrolle en un marco donde los errores sean reducidos al mínimo posible.

---

<sup>1</sup> (RIVADENEIRA & BABY, 1999)

Esta investigación se centrara en el análisis estadístico de la información disponible de pozos direccionales perforados que constituye la curva de aprendizaje, base principal para aplicar optimización en proyectos de perforación.

Con base a lo expuesto surge la pregunta: ¿Es posible diseñar modelos optimizados estándar en base al análisis de los parámetros y variables de perforación de la Cuenca Oriente?

### **HIPÓTESIS.**

El análisis técnico para la optimización de los parámetros y variables de perforación en la Cuenca Oriente, contribuye para el control y fiscalización de perforación de nuevos pozos.

### **OBJETIVOS.**

#### ***Objetivo General.***

- Obtener los parámetros de perforación más eficientes en los sectores: Norte, Centro y Sur de la Cuenca Oriente, con el objeto de que las operaciones de perforación se optimicen disminuyendo el tiempo de las operaciones y por ende costos.

#### ***Objetivos Específicos.***

- Recopilar la información de parámetros y variables de perforación de reportes finales de pozos seleccionados, emitidos por las compañías operadoras en cada sector de la Cuenca Oriente.
- Caracterizar litológicamente las formaciones geológicas que componen los sectores: Norte, Centro y Sur de la Cuenca Oriente.

- Efectuar un análisis en cada una de las secciones perforadas de pozos seleccionados mediante cuadros, que permitan encontrar los mejores parámetros y variables de perforación.
- Identificar en los reportes finales los problemas operativos y peligros potenciales en las principales secciones de perforación.
- Optimizar las variables y parámetros de perforación en lo referente a fluidos de perforación, hidráulica, brocas, relación peso sobre la broca y velocidad de rotación para cada sector de la Cuenca Oriente.
- Presentar los resultados del informe final de investigación en la Agencia auspiciante del presente estudio.

### **JUSTIFICACIÓN.**

El inevitable dinamismo en la industria petrolera en el país, obliga a que se perforen nuevos pozos en busca de mantener o elevar la producción de los reservorios. Los trabajos de perforación son por excelencia actividades que reúnen una serie de disciplinas prácticas, cuya eficacia dependerá del respaldo técnico y teórico de los procedimientos. Resulta imprescindible que cada uno de los mecanismos, técnicas, herramientas y decisiones funcionen con tal eficiencia para lograr optimizar el tiempo y los costos requeridos.

La ARCH (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífera), como organismo regulador del estado, está encargado de supervisar las diferentes actividades desarrolladas por las compañías en los diferentes campos petrolíferos, de ahí la necesidad de diseñar un programa de perforación que recopile los aciertos y desaciertos en las actividades efectuadas en la Cuenca Oriente, mediante el análisis y recopilación de información.

La ejecución de este proyecto contribuirá de forma técnica y práctica para fiscalizar y desarrollar de forma óptima las operaciones de perforación en la Cuenca Oriente.



## **FACTIBILIDAD Y ACCESIBILIDAD.**

Esta investigación es factible llevar a cabo por que cuenta el talento humano de los investigadores, el proyecto será financiado por los mismos y cuenta con el asesoramiento técnico de los Coordinadores del Departamento de Exploración y Explotación de la ARCH (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero), bibliografía, Webgrafía pertinente, y el tiempo estimado de 6 meses para su culminación.

Es accesible debido a que la ARCH (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero) presta todas las facilidades para acceder a sus instalaciones, disponer de la información y asesoría técnica, que se necesitó para el desarrollo del proyecto.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO.**

#### **MARCO INSTITUCIONAL.**

##### **Misión**

Garantizar el aprovechamiento óptimo de los recursos hidrocarburíferos, propiciar el racional uso de los biocombustibles, velar por la eficiencia de la inversión pública y de los activos productivos en el sector de los hidrocarburos con el fin de precautelar los intereses de la sociedad, mediante la efectiva regulación y el oportuno control de las operaciones y actividades relacionadas<sup>2</sup>.

##### **Visión**

“La ARCH, Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, será reconocida como el garante público de los intereses constitucionales del Estado en el sector hidrocarburífero, gracias a su alto nivel técnico-profesional, a su gestión transparente y a su cultura de servicio y mejoramiento continuo”<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> (ARCH, 2010)

<sup>3</sup> (ARCH, 2010)

## MARCO LEGAL.

Mediante Registro Oficial No.244 del 27 de Julio del 2010, se publica la Ley de Hidrocarburos, según el Artículo 11 se crea la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, como organismo técnico-administrativo, encargado de regular, controlar y fiscalizar las actividades técnicas y operacionales en las diferentes fases de la industria hidrocarburífera, que realicen las empresas públicas o privadas, nacionales o extranjeras que ejecuten actividades hidrocarburíferas en el Ecuador; Adscrita al Ministerio Sectorial con personalidad jurídica, autonomía administrativa, técnica, económica, financiera, con patrimonio propio.<sup>4</sup>

## MARCO ÉTICO.

La presente investigación a desarrollarse no atenta en ninguna de sus partes contra los principios éticos, morales, ni económicos de la agencia o de los funcionarios de la misma, en un marco de respeto y protección al medio ambiente; todo esto de acuerdo con las políticas de hidrocarburos establecidos por el Gobierno Nacional y bajo el marco jurídico vigente.

---

<sup>4</sup> (ARCH, 2010)

## MARCO REFERENCIAL.

### ASPECTOS GENERALES DE LA CUENCA ORIENTE.

#### ***Antecedentes.***

La gran necesidad de incrementar y mantener la producción en el distrito Amazónico, ha llevado a proponer y desarrollar la perforación de nuevos pozos con un modelo estándar de parámetros y variables óptimas para realizar las operaciones.

#### ***Ubicación Geográfica.***


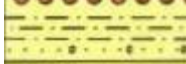
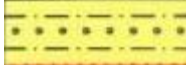







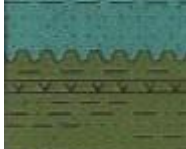

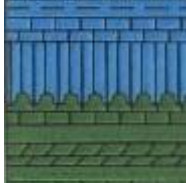


La Cuenca Oriente cubre aproximadamente un área de 100,000 km<sup>2</sup>, localizada entre los Andes al Oeste y el Escudo Guayanés en hacia el Este, dentro de la gran provincia geológica – petrolera Putumayo (al Norte) – Oriente – Marañón (al Sur), la que se muestra en la figura 1.1.



**Figura 1.1** Ubicación de la Cuenca Oriente.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> (Ramírez, 2008)

**Cuadro 2.1** Columna estratigráfica de la Cuenca Oriente.<sup>6</sup>

EDAD		FORMACIÓN		DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA		
Q		MESA			Terrazas de arcillas y arenisca tobáceas, Conglomerados	
TERCIARIO	MIOCENO – PLOICENO	CHAMBIRA			Arcillas, areniscas, conglomerados	CONTINT
		ARAJUNO			Conglomerados, arcillas en partes	
		CHALCANA			Arcillas, poca arenisca	MARINO
	ORTEGUASA			Lutitas pardas, poca arenisca		
	TIYUYACU			Arcillas rojas, verdes, violeta, areniscas gruesas y conglomerado	CONTINENT	
CRETÁCICO	MAAS	TENA			Arcilla roja y areniscas	MARINO
		M – 1			Arenisca blanca cuarzosa porosa, permeable	
	APT – SANT	NAPO			“A” – Arenisca “U” – Caliza “B” – Arenisca “T” – Caliza	
		HOLLÍN			Arenisca cuarzosa blanca	
JURÁSICO	M U	CHAPIZA			Flujos de lava, brechas, “Red Beds”, arcillas, y arenisca, poco conglomerado	
	L	SANTIAGO			Calizas y esquistos (bituminosos), escasa arenisca	MARINO
PALEOZOICO	PENSS – PERM	MACUMA			Caliza, lutita, dolomita, arenisca	
	DEV – MISS	PUMBUIZA			Lutita gris-negro	
P C		BASAMENTO			Esquisto, gneis, granito	

<sup>6</sup> (EP PETROECUADOR, 2010)

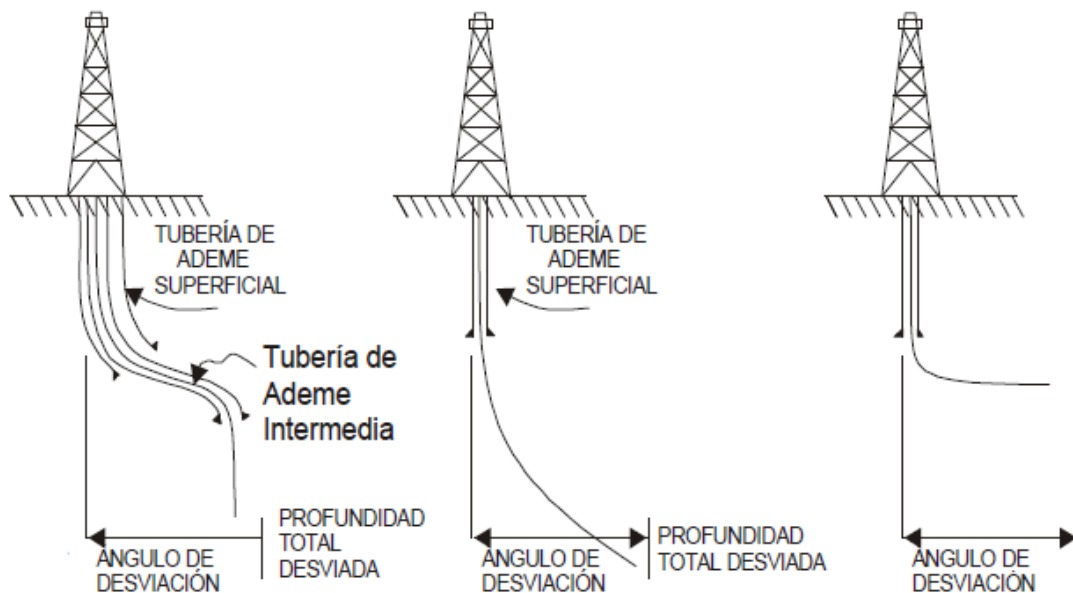
## FUNDAMENTOS TÉCNICOS DE PERFORACIÓN DIRECCIONAL.

La perforación direccional es la desviación intencional de un pozo de la vertical. Aunque generalmente los pozos se perforan para que sean verticales, algunas veces es necesario o ventajoso perforar un pozo a un ángulo fuera de la vertical.

Desarrollos tecnológicos recientes han hecho esto un componente importante en la perforación moderna, permitiendo que se exploten reservorios antiguamente inaccesibles a través de ciertas distancias vertical y horizontal del taladro.<sup>7</sup>

### ***Tipos de Pozos Direccionales.***<sup>8</sup>

En general se pueden encontrar tres configuraciones:



**Figura 1.2** Tipos de Pozos Direccionales.<sup>9</sup>

<sup>7</sup> (DATALOG, 2001)

<sup>8</sup> (González Macas, Jara Holguín, & Ramírez Peña, 2010)

<sup>9</sup> (González Macas, Jara Holguín, & Ramírez Peña, 2010)

### *Pozo Tipo S*

Son pozos inicialmente perforados en sentido vertical; después se desvían siguiendo un determinado ángulo máximo que se mantiene hasta cierta profundidad, para entonces volver a la vertical, disminuyendo el ángulo, alcanzando el objetivo final.

### *Pozo Tipo J*

También conocido como Curvo. Esta trayectoria es similar a la anterior con la diferencia de que no presenta la parte final correspondiente a la caída del ángulo. En este caso con el ángulo máximo de desviación construido desde la vertical a cierta profundidad se llega al objetivo final (target).

### *Pozo Horizontal*

Esta configuración se diferencia de las anteriores en su parte final porque el ángulo de desviación con respecto a la vertical se construye desde cierta profundidad, a partir de la cual se va incrementando hasta llegar a los 90° de desviación de la vertical, alcanzando el sentido horizontal, de donde se deriva su nombre.

## **Brocas.<sup>10</sup>**

La broca o barrena es el primer elemento de la sarta de perforación, la cual tiene contacto con la formación y es la encargada de cortar, romper y/o triturar la roca mediante movimientos giratorios.

### *Tipos de brocas*

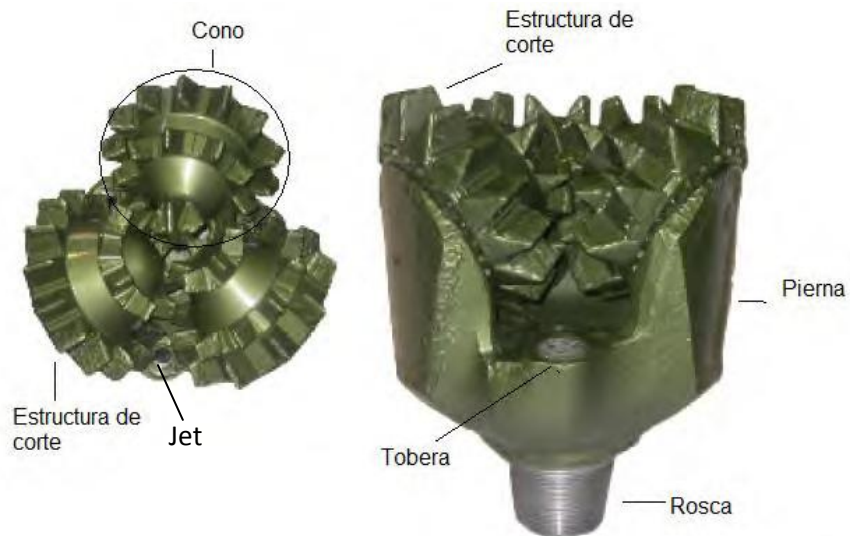
Aunque todas las barrenas son capaces de perforar casi cualquier tipo de formación, la velocidad de perforación y el desgaste que sufren será diferente dependiendo del tipo de barrena seleccionada. Dentro de cada tipo

---

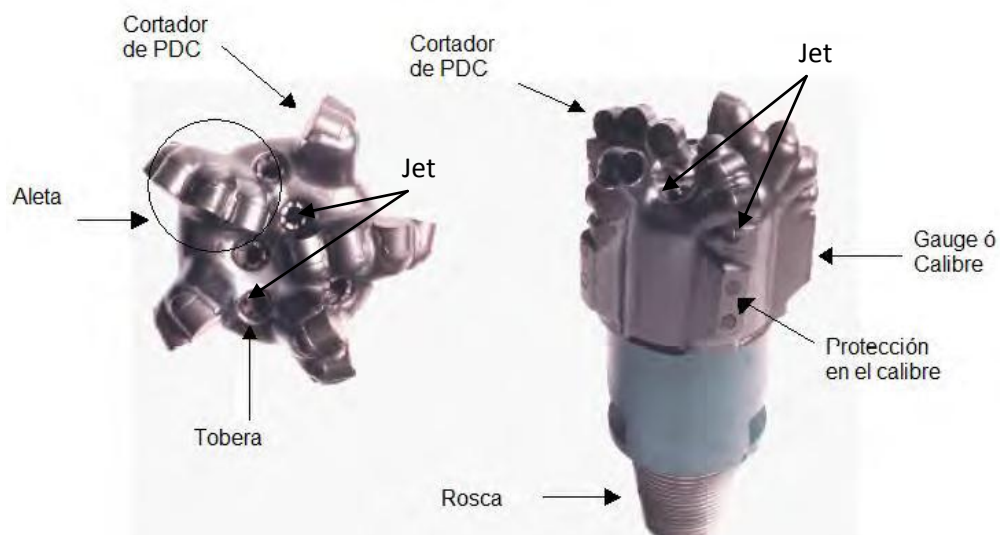
<sup>10</sup> (Smith Internacional, 2005)

existen características diferentes, por esto, es necesario tener una idea de cada una de ellas para poder así hacer una selección adecuada.

En la ingeniería de perforación, las barrenas son clasificadas en tricónicas (Figura 1.3) y de diamante policristalino compacto (PDC) (Figura 1.4). A continuación se hace una clasificación, descripción y análisis de cada una:



**Figura 1.3 Brocas Tricónicas.<sup>11</sup>**



**Figura 1.4 Brocas PDC.<sup>12</sup>**

<sup>11</sup> (Smith Internacional, 2005)

<sup>12</sup> (Smith Internacional, 2005)



### *Clasificación IADC para brocas Tricónicas.*<sup>13</sup>

La asociación internacional de contratistas de perforación (por sus siglas en inglés, IADC), proporciona un método de clasificación de las barrenas tricónicas, con el cual se nombra de una manera estándar cada barrena (Cuadro 1.2). El sistema de clasificación permite hacer comparaciones entre los tipos de barrenas que ofrecen los fabricantes.

La clasificación se basa en un código de tres caracteres numéricos.

- Primer Caracter (Serie de la estructura cortadora 1-8).

Los caracteres de esta serie indican la dureza de la formación, así como también el tipo de estructura de corte la barrena, ya sea dientes o insertos.

Las series del 1 al 3 indican qué barrena tiene dientes de acero. La serie del 4 al 8 indica que la barrena tiene insertos de carburo de tungsteno (TCI). Se considera que en la serie 1 la formación será muy blanda, aumentando hasta la serie 8, en donde la formación será muy dura.

- Segundo Caracter (Tipos de estructura cortadora).

El segundo caracter presenta una clasificación de dureza dentro de la dureza definida anteriormente. Cada serie está dividida en cuatro tipos en la mayoría de los casos. El 1 indica que es una formación muy blanda, hasta el 4 que indica una formación muy dura

- Tercer Caracter (Cojinete/ Calibre).

Este caracter indica una descripción interna y externa de la barrena. Hace referencia al diseño del cojinete y a la protección del calibre. Está dividido en siete categorías:

1. Cojinete de rodillo estándar no sellado
2. Cojinete de rodillo enfriado con aire.

---

<sup>13</sup> (DE LA TORRE GONZÁLEZ, 2008)

3. Cojinete de rodillo con calibre protegido.
4. Cojinete de rodillo sellado.
5. Cojinete de rodillo sellado con calibre protegido.
6. Cojinete de fricción sellado.
7. Cojinete de fricción sellado con calibre protegido.

**Cuadro 1.2** Código IADC para brocas Tricónicas.<sup>14</sup>

	1er Carácter		2o Carácter	3er Carácter						
	SERIE	FORMACIONES	DUREZA	CATEGORIAS						
<b>DIENTES</b>	<b>1</b>	Blandas	1 Suave	1. Cojinete de rodillo estándar no sellado	2. Cojinete de rodillo entriado con aire	3. Cojinete de rodillo con calibre protegido	4. Cojinete de rodillo sellado	5. Cojinete de rodillo sellado con calibre protegido	6. Cojinete de fricción sellado	7. Cojinete de fricción sellado con calibre protegido.
			2 Media Suave							
			3 Media Dura							
			4 Dura							
	<b>2</b>	Medias	1 Suave							
			2 Media Suave							
			3 Media Dura							
			4 Dura							
	<b>3</b>	Duras	1 Suave							
			2 Media Suave							
			3 Media Dura							
			4 Dura							
<b>INSERTOS</b>	<b>4</b>	Muy Blanda	1 Suave							
			2 Media Suave							
			3 Media Dura							
			4 Dura							
	<b>5</b>	Blanda	1 Suave							
			2 Media Suave							
			3 Media Dura							
			4 Dura							
	<b>6</b>	Media	1 Suave							
	<b>7</b>	Dura	1 Suave							
			2 Media Suave							
			3 Media Dura							
			4 Dura							
	<b>8</b>	Muy Dura	1 Suave							
			2 Media Suave							
			3 Media Dura							
			4 Dura							

<sup>14</sup> (DE LA TORRE GONZÁLEZ, 2008)

### *Clasificación IADC para brocas Policristalinas y de Diamante (PDC).<sup>15</sup>*

Se utiliza un código utiliza al igual que para las barrenas tricónicas, de cuatro caracteres para clasificar las barrenas, el primero alfabético y los tres restantes numéricos (Cuadro 1.3).

- Primer Caracter (Tipo de cuerpo de la barrena).

En el primer caracter se muestra el material del que está fabricada la barrena. Con una “M” si es de matriz, y con una “S” si es de acero.

- Segundo Caracter (Dureza de la formación).

El segundo caracter presenta la dureza de formación. La dureza va desde el 1 que indica que es una formación muy blanda, hasta el 7 que indica que se trata de una formación muy dura.

- Tercer Caracter (Tamaño y tipo de cortador).

Este caracter indica el tipo de cortador y el diámetro de las pastillas de PDC. Esta va desde durezas de formaciones muy blandas a medias. De las durezas de formaciones medias-duras a extremadamente duras ya no es utilizada la pastilla de PDC.

- Cuarto Caracter (Perfil de la barrena).

Muestra el perfil de la barrena. Se utiliza el 1 para perfil plano, hasta el 4 que es el perfil parabólico largo.

---

<sup>15</sup> (DE LA TORRE GONZÁLEZ, 2008)

**Cuadro 1.3** Código IADC para brocas PDC.<sup>16</sup>

1er Caracter		2o Caracter		3er Caracter		4o Caracter			
CUERPO		FORMACIÓN		TAMAÑO		PERFIL			
"M" MATRIZ	"S" ACERO	1	Muy blanda	2	PDC, 19 milímetros	1. Perfil Plano	2. Perfil Parabólico Corto	3. Perfil Parabólico Medio	4. Perfil Parabólico Largo
				3	PDC, 13 milímetros				
				4	PDC, 8 milímetros				
		2	Blanda	2	PDC, 19 milímetros				
				3	PDC, 13 milímetros				
				4	PDC, 8 milímetros				
		3	Blanda a media	2	PDC, 19 milímetros				
				3	PDC, 13 milímetros				
				4	PDC, 8 milímetros				
		4	Media	2	PDC, 19 milímetros				
				3	PDC, 13 milímetros				
				4	PDC, 8 milímetros				
		5	Medianamente dura	1	Diamante natural				
				2	TSP				
				3	Combinación				
		6	Dura	1	Diamante natural				
				2	TSP				
				3	Combinación				
		7	Extremadamente dura	1	Diamante Natural				
				4	Impregnada de diamante				

*Selección de broca.*

En la selección de la broca adecuada para perforar una determinada formación se deben analizar un gran número de variables que interactúan entre sí. Por esta razón es indispensable conocer:

- La evaluación del desgaste de las brocas previamente empleadas.
- Los rendimientos de las brocas obtenidos en pozos vecinos.
- Los registros geofísicos de pozos vecinos y del mismo pozo (si se tienen).

<sup>16</sup> (DE LA TORRE GONZÁLEZ, 2008)

- El software especializado en cálculo y análisis para la selección (hidráulica). Las propiedades de los fluidos de perforación por emplearse en función de la broca elegida.
- La columna litológica de las formaciones a perforar.

*Factores que afectan el desempeño de brocas.<sup>17</sup>*

La hidráulica, WOB y RPM de la broca, y el tipo de formación afectan el desempeño de la broca. Lo que se obtiene de la broca depende de la atención de tales factores y del uso de buenos procedimientos operacionales. Para obtener el mejor intervalo y la mayor rata de penetración, por tanto, el menor costo, se debe elegir la broca correcta para el trabajo. Además, se debe considerar la forma cómo trabajan los diferentes tipos de broca para perforar la roca (Tricónica: socava y tritura, PDC: corta y rebana). Las propiedades de la roca que influyen directamente en el desempeño de la broca son:

- Elasticidad: la habilidad de retornar a la forma y tamaño original después de ser comprimida. La elasticidad se relaciona con el esfuerzo compresivo. Las rocas elásticas tiende a hacer botar atrás en vez de romperse, son más difíciles de perforar.
- Abrasividad: cuán fácil la roca desgasta las herramientas usadas debido a la fricción
- Dureza: cuán fácil es rasgada la roca.
- Presión de poro: la presión que los fluidos en los poros ejercen sobre los granos de roca. Esta presión combinada con la presión del lodo influyen en la ROP debido a la tendencia de la roca a volverse plástica bajo altas presiones y al cambio en la forma cómo se rompe.

---

<sup>17</sup> (JAYA JARAMILLO, 2009)

- Glutinosidad: cuán fácil los recortes se combinan con el fluido de formación para formar una masa o bola que se adhieren entre sí o a la broca.
- Porosidad: el espacio entre los granos. Mientras mayor sea el porcentaje de poros, la roca puede almacenar más cantidad de fluidos y es más fácil de perforar.
- Presión de sobrecarga: la presión que ejercen las formaciones que sobreyacen; esta presión incrementa con la profundidad.
- Plasticidad: es la habilidad de deformarse sin romperse después de ser comprimida o sujeta a un impacto. El carácter quebradizo es lo opuesto a plasticidad. Todas las rocas sedimentarias son quebradizas a temperatura y presión de superficie, pero se vuelven plásticas bajo altas presiones.
- Permeabilidad: capacidad de moverse de los fluidos a través de los poros interconectados.
- Resistencia compresiva: cuán fácil la roca se rompe bajo una carga gradual, es decir, cuando es comprimida. El esfuerzo compresivo de la roca incrementa con la profundidad y, por tanto, se vuelve más difícil de romper.

### ***Ensamblaje de Fondo (BHA).***<sup>18</sup>

El ensamblaje de fondo es la sección de la sarta de perforación que agrupa el conjunto de herramientas entre la broca y la tubería de perforación.

Tiene como funciones proporcionar el peso requerido sobre la broca para maximizar la tasa de penetración, producir pozos en calibre, evitar la

---

<sup>18</sup> (MSC. Cruz R , 2009)

formación de desviaciones tipo pata de perros y ojos de llave y minimizar vibraciones y pegamentos de la sarta de perforación.

Está compuesto por:

- Barra de perforación (Drill Collar),
- Tubería pesada (Heavy Weight),
- Estabilizadores y accesorios.

El BHA se compone de una broca que se utiliza para romper la roca formaciones, collares de perforación que son, de paredes gruesas tubos pesados utilizados para aplicar el peso de la broca, y estabilizadores de perforación que se mantenga a la ensamble de perforación centrada en el agujero. El BHA también puede contener otros componentes, como un motor de fondo, orientable sistema rotatorio, la medición durante la perforación (MWD), y mientras que la tala de perforación (LWD) herramientas.

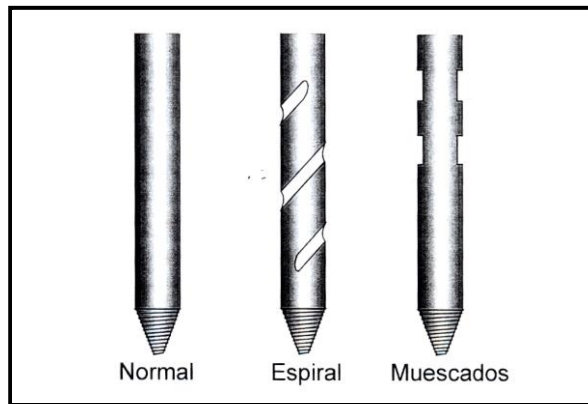
### ***Componentes del BHA.***<sup>19</sup>

#### ***Barra de perforación (Drill Collar).***

Es un conjunto de tubos de acero o metal no magnético de espesores significativos, colocados en el fondo de la sarta de perforación, encima de la broca, lo cual proporciona la rigidez y peso suficiente para producir la carga axial requerida por la broca para una penetración más efectiva de la formación.

---

<sup>19</sup> (MSC. Cruz R, 2009)



**Figura 1.5** Tipos de barras de perforación.<sup>20</sup>

Las funciones de las barras son:

- Proporcionar peso sobre la broca para la perforación, manteniendo peso en la sección inferior de la sarta para hacer tensión en la misma.
- Soportar y dar rigidez a la parte inferior de la sarta de perforación.
- Servir de apoyo y estabilizador de la broca para mantener el nuevo hoyo alineado con el hoyo anterior.

Para efectos de diseños del ensamblaje de fondo, lo más importante será analizar la localización del punto neutro, que es la región por encima de la cual la sarta no sufre pandeo. El peso que se aplicará sobre la broca debe determinarse de acuerdo con la longitud de las barras, para ubicar el punto neutro en ellas y evitar fallas en la sarta durante las operaciones de perforación.

#### *Tubería pesada (Heavy Weight).*<sup>21</sup>

La tubería pesada constituye el componente intermedio del ensamblaje de fondo. Es un tubular de espesor de pared gruesa, similar a las barras de diámetro pequeño, cuya conexión posee las mismas dimensiones que las de la tubería de perforación para facilitar su manejo, pero es ligeramente más

<sup>20</sup> (MSC. Cruz R , 2009)

<sup>21</sup> (MSC. Cruz R , 2009)



larga. Se conoce también con los nombres de “Heavy Wall Drill Pipe” y “Heavy Weight Drill Pipe”.

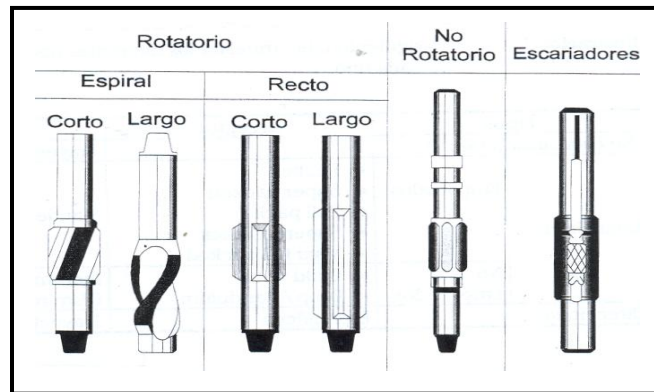
La función más importante de la tubería pesada es servir de zona de transición entre las barras y la tubería de perforación, para minimizar los cambios de rigidez entre los componentes de la sarta, con el objeto de reducir las fallas originadas por la concentración de flexión cíclica en la conexión de la tubería de perforación.

#### *Estabilizadores.*

Los estabilizadores como su nombre lo indica, dan firmeza y seguridad al ensamblaje de fondo o sarta de perforación, cuidándola del contacto con las paredes del hoyo y controlando la desviación, tanto en hoyos verticales como direccionales. Además Incrementan la tasa de penetración al propiciar que la dirección de la fuerza resultante sobre la broca coincida con el eje del hoyo. Además:

- Reducen la fatiga en las conexiones de las barras al reducir el pandeo de la sarta.
- Reduce la pega de la sarta al mantener las barras alejadas de las paredes del hoyo.
- Previene cambios bruscos de ángulo del hoyo al aumentar la rigidez del ensamblaje de fondo.
- Mantienen las barras centradas en el hoyo minimizando la desviación del mismo y obteniéndose hoyos mejor alineados.

Dentro de los tipos de estabilizadores se encuentran: Estabilizadores de camisa rotatoria, de camisa no rotatoria y escariadores.



**Figura 1.6** Tipos de estabilizadores.<sup>22</sup>

La ubicación de los estabilizadores en el ensamblaje de fondo, depende del desempeño que requiera la sarta en cuanto a trayectoria se refiere. Esta sección tiene que ver con los tipos básicos de sartas para modificación del curso o mantenimiento del mismo. Estas sartas son de construcción, de mantenimiento y de caída angular; el diseño de estas sartas no tienen muchas reglas de tipo general, ya que el comportamiento de ellas depende de la dureza de la formación, de la tendencia desviadora del hoyo, del tamaño relativo hoyo-ensamblaje y de la distribución de los estabilizadores en el ensamblaje de fondo.

#### *Accesorios.*

Además de los componentes básicos del BHA, constituidos por las barras, la tubería pesada y los estabilizadores, se emplean algunos accesorios que son fundamentales para lograr el éxito en las operaciones de perforación, los cuales son mostrados en la siguiente Cuadro 1.4.

<sup>22</sup> (MSC. Cruz R , 2009)

**Cuadro 1.4 Accesorios del BHA.<sup>23</sup>**

<b>Accesorios</b>	<b>Función</b>	<b>Posición</b>
<b>1.- Amortiguador</b> (SOC Absorber)	Minimizar la vibración de la sarta.	Encima de la Broca.
<b>2.- Martillo</b> (Drilling Jar)	Proporcionar energía de impacto en las sarta atascadas.	Intercalado en la tubería pesada en tensión.
<b>3.- Acelerador</b> (Drilling Accelerator)	Incrementar la energía del martillo.	Una junta por encima del martillo.
<b>4.- Motores</b> (Drilling Motors)	Suministrar rotación de fondo (aplicación en perforación direccional)	Sobre la Broca.
<b>5.- Herramientas de Medición (MWD)</b>	Medir los parámetros del fondo en tiempo real.	Encima de la Broca y/o amortiguador ó motor.

### ***Fluidos de perforación***

El fluido de perforación o lodo como comúnmente se le llama, puede ser cualquier sustancia o mezcla de sustancias con características físicas y químicas apropiadas, como por ejemplo: aire o gas, agua, petróleo o combinaciones de agua y aceite con determinado porcentaje de sólidos.<sup>24</sup>

#### ***Especificaciones***

El fluido no debe ser tóxico, corrosivo, ni inflamable, pero sí inerte a las contaminaciones de sales solubles o minerales y estable a las altas temperaturas. Además, debe mantener sus propiedades según las exigencias de las operaciones, debe ser inmune al desarrollo de bacterias.<sup>25</sup>

#### ***Funciones de los Fluidos de Perforación.<sup>26</sup>***

Las funciones del fluido de perforación describen las tareas que el fluido de perforación es capaz de desempeñar, aunque algunas de éstas no sean esenciales en cada pozo. La remoción de los recortes del pozo y el control de las presiones de la formación son funciones sumamente importantes. Aunque el orden de importancia sea determinado por las condiciones del

---

<sup>23</sup> (MSC. Cruz R , 2009)

<sup>24</sup> (PDVSA, 2002)

<sup>25</sup> (PDVSA, 2002)

<sup>26</sup> (Instituto Americano del Petróleo, 2001)

pozo y las operaciones en curso, las funciones más comunes del fluido de perforación son las siguientes:

1. Retirar los recortes del pozo.
2. Controlar las presiones de la formación.
3. Suspender y descargar los recortes.
4. Obturar las formaciones permeables.
5. Mantener la estabilidad del agujero.
6. Minimizar los daños al yacimiento.
7. Enfriar, lubricar y apoyar la barrena y el conjunto de perforación.
8. Transmitir la energía hidráulica a las herramientas y a la barrena.
9. Asegurar una evaluación adecuada de la formación.
10. Controlar la corrosión.
11. Facilitar la cementación y la completación.
12. Minimizar el impacto al ambiente.

### ***Hidráulica de Perforación***

El diseño de la hidráulica de la broca permite seleccionar la tasa de flujo óptima y el correspondiente tamaño de los jets, para maximizar los siguientes parámetros:

- Potencia hidráulica de la broca.
- Fuerza de impacto.
- Velocidad en los jets.

Existen dos criterios de diseño para la optimización de la hidráulica: el criterio de máxima Potencia Hidráulica y el Criterio de Máxima Fuerza de Impacto.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> (Jiménez Pernía & Rivera García, 2009)

### *Máxima Potencia Hidráulica (MPH).*<sup>28</sup>

Este criterio se basa en la teoría que gastando la máxima energía disponible en la broca, se tiene una mayor limpieza del fondo del pozo y consecuentemente, una tasa de penetración máxima. La potencia hidráulica es útil en la broca porque crea fuerte turbulencia en el lodo. El fluido que sale de los jets viaja muy rápido, y la turbulencia resultante es usada para sacar los ripios fuera de la cara de la formación.

La máxima potencia hidráulica en la broca (para condiciones de operación de presión de descarga constante), se obtiene a una tasa de circulación que produzca una pérdida por fricción del 35 % en el sistema de circulación y una caída de presión de 65 % en la broca. Cuando se optimiza la potencia hidráulica se varía la velocidad de bomba y el tamaño de los jets, para obtener una simple combinación de  $P_m$  y  $Q$  que genere la máxima potencia hidráulica a la broca para una máxima presión de superficie dada.

Lo cual representa<sup>29</sup>:

- Mayores presiones de superficie.
- Menores caudales.
- Menores tamaños de chorros.

### *Máximo Impacto Hidráulico (MIH).*<sup>30</sup>

Este criterio se basa en la teoría que el ripio es removido más eficientemente cuando se maximiza la fuerza de impacto del fluido contra la formación.

El máximo impacto hidráulico se obtiene a una tasa de circulación que produzca una pérdida por fricción de 52 % en el sistema de circulación y una caída de presión de 48 % en broca. La fuerza de impacto es una función de la tasa de flujo, caída de presión y peso del lodo.

---

<sup>28</sup> (Jiménez Pernía & Rivera García, 2009)

<sup>29</sup> (Buenas Tareas, 2010)

<sup>30</sup> (Jiménez Pernía & Rivera García, 2009)

Lo cual representa<sup>31</sup>:

- Altas tazas de bombeo.
- Formaciones blandas y semi blandas.
- Menores presiones de superficie.
- Mayores tamaños de chorros.

#### *Velocidad en los jets.*<sup>32</sup>

La caída de presión originada en la broca influye en la velocidad de salida de los chorros, mientras menor diámetro tengan estos mayor será la velocidad de salida y la fuerza de impacto, representando con ello una mayor caída de presión.

#### *Área total de flujo (TFA).*<sup>33</sup>

El TFA (área de flujo) de las brocas con boquillas es simplemente la suma del área circular de todas las boquillas y se expresa en pulgadas cuadradas. El flujo de fluido se estrecha en la broca convirtiendo la alta presión y la baja velocidad dentro de la sarta a baja presión y alta velocidad a la salida de la broca.

#### *Índice de Limpieza (HSI).*<sup>34</sup>

Es el índice de limpieza (HSI) del pozo y se lo conoce también como Caballaje Hidráulico por pulgada cuadrada en el fondo del pozo. Dicho parámetro proporciona una medida de la fuerza hidráulica que consume la broca en función del caudal de la bomba, de la caída de presión en la broca y del diámetro de la misma.

---

<sup>31</sup> (Buenas Tareas, 2010)

<sup>32</sup> (PerfoBlogger, 2011)

<sup>33</sup> (González Macas, Jara Holguín, & Ramírez Peña, 2010)

<sup>34</sup> (González Macas, Jara Holguín, & Ramírez Peña, 2010)

El HSI es el factor primario para maximizar la tasa de penetración, y es la energía necesaria en la broca para transportar los cortes desde la salida (cara) de la broca al anular.

### ***Diseño y Asentamiento de Casing.***<sup>35</sup>

Uno de los aspectos primordiales para la perforación de un pozo tiene que ver con la protección de las paredes de un pozo para prevenir derrumbes, aislar manifestaciones de líquidos y gases entre otros. Dichas funciones se llevan a cabo mediante la bajada al hueco del revestimiento y su cementación.

Durante la perforación se atraviesan zonas con situaciones y problemas diferentes como baja presión, presiones anormales, formaciones inestables, yacimientos depletados, etc. Esto hace importante que la corrida del revestimiento obedezca a un diseño específico que ayude a resolver estos problemas.

El objetivo de un diseño es seleccionar una tubería de revestimiento con cierto grado, peso y conexión, la cual sea la más económica, y que además resista sin falla las fuerzas a las que estará sujeta. El revestimiento representa alrededor del 18% del gasto total que se realiza en las operaciones de perforación. Es por ello que es necesario optimizar los diseños a fin de seleccionar los menos costosos.

Las funciones de la tubería de revestimiento son:

- a) Soportar las paredes del pozo y evitar derrumbes.
- b) Confinar la producción del intervalo seleccionado.
- c) Prevenir la contaminación de acuíferos.
- d) Dar soporte para la instalación del BOP y cabezal del pozo.

---

<sup>35</sup> (CEDIP, 2012)

Las tuberías deben resistir tres fuerzas significantes durante las operaciones de perforación al ser bajadas al pozo: presiones de colapso o presiones externas, presiones de estallido o presiones internas y tensión y compresión.

#### *Clasificación tubería de revestimiento.*<sup>36</sup>

##### *Tubería superficial.*

La introducción de esta tubería tiene por objeto instalar conexiones superficiales de control y al mismo tiempo proteger al agujero descubierto, aislando así flujos de agua y zonas de pérdida de lodo cercanas a la superficie del terreno.

Estas tuberías se introducen a profundidades que varían entre 500 y 1000 m., cabe aclarar que los diámetros se seleccionan de acuerdo a la profundidad total del pozo.

##### *Tubería intermedia.*

Estas tuberías se introducen con la finalidad de aislar zonas que contengan presiones normales de formación, flujos de agua, derrumbes y pérdidas de circulación: en sí se utiliza como protección del agujero descubierto, para tratar, en la mayoría de los casos, de incrementar la densidad de los fluidos de perforación y controlar las zonas de alta presión.

##### *Tubería de explotación.*

Estas tuberías tienen como meta primordial aislar el yacimiento de fluidos indeseables en la formación productora y de otras zonas del agujero, también para la instalación de empacadores de producción y accesorios utilizados en la terminación del mismo. En el diseño de esta tubería se deberá tener especial atención, considerando todos los elementos que intervienen en su programación.

---

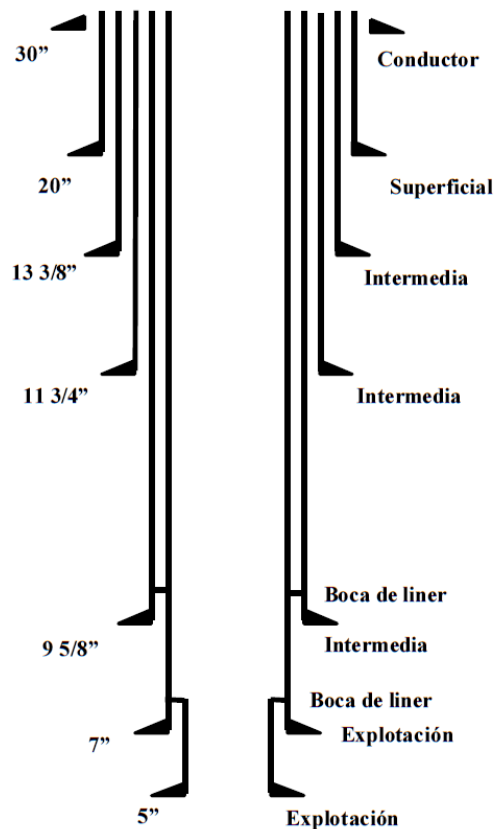
<sup>36</sup> (CEDIP, 2012)



### *Tubería de revestimiento corta (Liners).*

Constituye una instalación especial que evita utilizar una sarta de la superficie al fondo del pozo; la longitud de esta tubería permite cubrir el agujero descubierto, quedando una parte traslapada dentro de la última tubería que puede variar de 50 a 150 m, y en ocasiones se emplea una longitud mayor, dependiendo del objetivo de su introducción.

La figura 1.7 representa un ejemplo de distribución de tuberías de revestimiento donde se ven la conductora, superficial, intermedias y de explotación que incluye un liner.



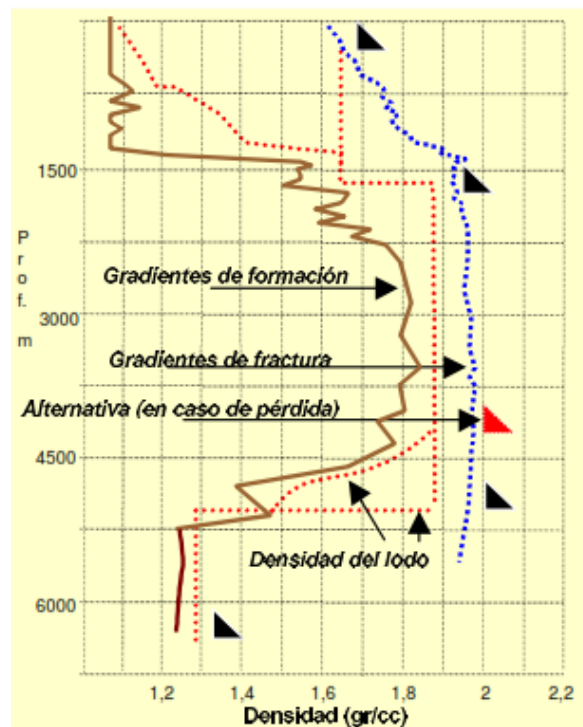
**Figura 1.7** Ejemplo de distribución de tuberías de revestimiento.<sup>37</sup>

<sup>37</sup> (CEDIP, 2012)

*Determinación de las profundidades de asentamiento de las tuberías de revestimiento.*<sup>38</sup>

Una vez determinadas las presiones de fractura y de formación, se puede fácilmente calcular el peso del lodo para atravesar las diferentes secciones del pozo y construir un perfil de presiones a través del cual se puede entonces fijar las profundidades de asentamiento del revestimiento.

Para esto en la gráfica Profundidad vs. Peso del lodo (tomar en cuenta que las presiones se expresan en función del peso del lodo) se inicia desde el fondo trazando una vertical hasta acercarse a la curva del gradiente de fractura. Ésta será la profundidad mínima para asentar el revestimiento como se muestra en la figura 1.8, que fue tomada de fuente mexicana para ejemplificar el procedimiento ya que no se dispone de datos suficientes para presentar una gráfica de los campos de la Cuenca Oriente.



**Figura 1.8** Selección de profundidades de asentamiento de las TR's.<sup>39</sup>

<sup>38</sup> (ALMEIDA CAMPANA & CÁRDENAS CÁRDENAS, 2010)

## ***Parámetros de perforación***

### ***Peso sobre la Broca (WOB).***<sup>40</sup>

Conforme la estructura de corte de la broca se desgasta, se requerirá más peso para mantener la tasa de penetración.

En general, se debe aplicar peso, antes de que se supere la velocidad rotaria, de manera que la estructura de corte se mantenga en profundidad para estabilizar la broca y evitar remolino.

### ***Velocidad Rotaria (RPM).***<sup>41</sup>

La velocidad de rotación total de la broca es igual a la velocidad de rotación en superficie más la velocidad de rotación del motor en profundidad y no es limitada por el uso de brocas PDC.

Se debe evitar una alta velocidad de rotación en formaciones abrasivas para que no exista un rápido desgaste por abrasión; mientras que velocidades de rotación altas en formaciones duras pueden reducir la tasa de penetración, porque los cortadores no penetran en la formación para seguir cortándola.

Cuando la broca empieza a crear remolino no se debe tener una alta velocidad de rotación porque puede iniciar resonancia (altos niveles de vibración) de la sarta, problema que no se desea tener.

### ***Torque.***<sup>42</sup>

Al aplicar una fuerza en un punto de un cuerpo rígido, este va a realizar un movimiento de rotación en torno a algún eje. La propiedad de la fuerza para hacer girar al cuerpo se mide con una magnitud física que llamamos torque, medido en libras fuerza por pie.

---

<sup>39</sup> (CEDIP, 2012)

<sup>40</sup> (González Macas, Jara Holguín, & Ramírez Peña, 2010)

<sup>41</sup> (González Macas, Jara Holguín, & Ramírez Peña, 2010)

<sup>42</sup> (González Macas, Jara Holguín, & Ramírez Peña, 2010)

El torque rotativo es un indicador de lo que está pasando al nivel de la broca de perforación. Por ejemplo:

Alto torque en la PDC implica que la broca probablemente está excavando o si hay baja tasa de penetración el BHA podría estar generando el torque y no la broca; bajo torque indica que la PDC podría estar patinando en una formación dura y la estructura de corte podría estar embolada.

Alto torque en la broca Tricónica podría significar que los conos están bloqueados, en cuyo caso el torque se reduce a medida que los insertos o dientes se desgastan; torque medio implicaría que puede estar excavando; mientras que el torque bajo indica que la estructura de corte podría estar sin filo o embolada.

#### *Tasa de penetración (ROP).*<sup>43</sup>

Es la medida de los pies perforados en una hora (ft/hora), este parámetro indica si se debe continuar perforando con la broca o si es necesario cambiarla debido a que su valor no se encuentra dentro del rango adecuado de operación y además dependerá del modo en que se está trabajando (rotando o deslizando).

#### *Tasa de Flujo (Caudal)*<sup>44</sup>

Afecta la limpieza del hueco y de la broca. Altas tasas de flujo ofrecen mejor limpieza que las bajas, porque transportan mejor los cortes a la superficie debido a una mayor velocidad anular y aumentan la energía hidráulica en la broca.

---

<sup>43</sup> (González Macas, Jara Holguín, & Ramírez Peña, 2010)

<sup>44</sup> (González Macas, Jara Holguín, & Ramírez Peña, 2010)

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO METODOLÓGICO.**

#### **TIPO DE ESTUDIO.**

*Según su propósito.*

Esta investigación es de tipo aplicada, y se orienta en alcanzar la mayor eficiencia de los parámetros y variables de perforación de los sectores: Norte, Centro y Sur de la Cuenca Oriente, con el objeto de que las operaciones de perforación se optimicen disminuyendo el tiempo y costos en las operaciones.

*Según la forma de recolectar la información.*

La investigación se clasifica como documental, debido a que el proceso de búsqueda se efectuara a través de reportes finales de perforación emitidos por las diferentes compañías operadoras, con la finalidad de suministrar la información más idónea para optimizar parámetros y variables de perforación en los sectores de la Cuenca Oriente.

*Según el nivel de conocimiento.*

La investigación es de tipo descriptiva, en su desarrollo se describen los parámetros y variables de perforación de pozos, también se señalan las ventajas de la optimización de las mismas, que sustenta el desarrollo de un modelo estándar de operaciones.

## UNIVERSO Y MUESTRA.

### ***Universo.***

El Universo está constituido por alrededor de 3000 pozos que conforman la Cuenca Oriente.

### ***Muestra.***

La conforman de 6 a 10 pozos seleccionados por cada sector: Norte, Centro y Sur del Corredor Sacha-Shushufindi de la Cuenca Oriente, para lo cual los pozos serán seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios:

Criterios de inclusión:

- Pozos Direccionales u Horizontales.
- Pozos perforados a partir del 2010.
- Pozos que contengan reportes finales de perforación completos.

## MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para la selección de los datos recopilados en esta investigación se han utilizado una serie de técnicas e instrumentos, lo más ajustados a la realidad posible, con la recolección de los mismos se diseñara una matriz para establecer rangos o límites que permitan elaborar un modelo de parámetros óptimo de perforación en los sectores de la Cuenca Oriente (Ver ANEXO C).

### ***Observación.***

A través de esta técnica se obtendrá un conocimiento y apreciación referente a los parámetros y variables de perforación de pozos seleccionados de los sectores: Norte, Centro y Sur de la Cuenca Oriente.

### *Deducción.*

A partir de la evaluación y análisis de la información recolectada den base a parámetros y variables de perforación se establece límites o rangos para establecer un modelo estándar de operaciones.

### *Inducción.*

Para obtener un trabajo eficiente se cuenta con la asesoría de expertos en el área de perforación de pozos de la ARCH y de disponibilidad de información requerida para el proyecto a realizar.

## PROCESAMIENTO Y SELECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Se utilizara estadística descriptiva y se aplicara el programa Microsoft Excel para presentar cuadros y gráficos que representaran los parámetros y variables de perforación de los pozos seleccionados de cada sector: Norte, Centro y Sur de la Cuenca Oriente.

La información que se tomara de reportes finales de perforación de pozos seleccionados son:

- Record de brocas
- Arreglo del Ensamblaje de Fondo (BHA)
- Densidad de fluidos de perforación usados
- Hidráulica
- Asentamiento de Casing
- Parámetros de Perforación
- Diagrama de Pozo
- Lecciones Aprendidas

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.

#### UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE POZOS SELECCIONADOS.

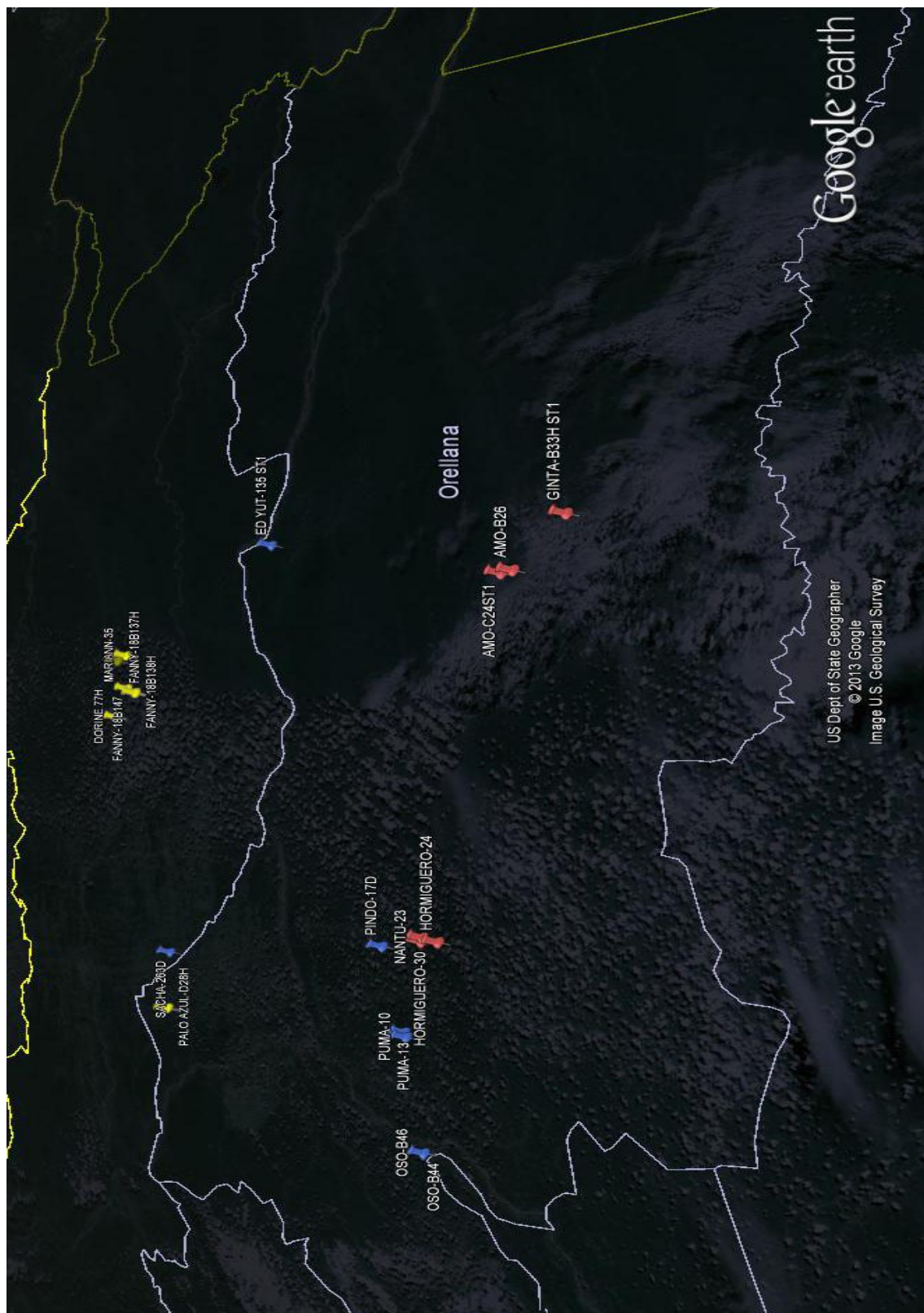
Para la caracterización de las variables y parámetros de perforación los pozos fueron ubicados geográficamente por sus coordenadas UTM en cada sector: Norte, Centro y Sur de la Cuenca Oriente, para ello se utilizó el “Mapa y sección estructural de la Cuenca Oriente con sus tres corredores estructurales-petrolíferos”:

**Cuadro 4.1** Ubicación de Pozos de estudio por Coordenadas UTM.  
**Elaborado:** Autores.

POZO	COORDENADAS SUPERFICIE (m):		SECTOR
	E	N	
PALO AZUL-D28H	282494,788	9980855,690	NORTE
DORINE 77H	347566,610	9986571,110	NORTE
FANNY-18B138H	352482,230	9980185,330	NORTE
FANNY-18B137H	352484,740	9980187,978	NORTE
FANNY-18B147	353699,480	9982425,102	NORTE
MARIANN-32	360295,810	9984436,120	NORTE
MARIANN-35	361137,990	9981634,920	NORTE
OSO-B46	261446,500	9924496,740	CENTRO
OSO-B44	261485,180	9924496,760	CENTRO
PUMA-10	282259,000	9924847,000	CENTRO
PUMA-13	283142,600	9925036,500	CENTRO
SACHA-263D	294800,310	9978245,000	CENTRO
PINDO-17D	298689,000	9927231,000	CENTRO
ED YUT-135 ST1	378126,075	9940619,340	CENTRO
HORMIGUERO-30	299973,130	9919425,970	SUR
HORMIGUERO-24	300042,700	9916266,380	SUR
NANTU-23	300731,639	9919082,322	SUR
AMO-C24ST1	363967,580	9896326,880	SUR
AMO-B26	364108,394	9894322,230	SUR
GINTA-B33H ST1	371836,533	9884602,509	SUR







**Gráfico 4.2** Ubicación de Pozos de estudio en la Cuenca Oriente.  
**Elaborado:** Autores utilizando herramienta Google Earth.

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE INFORMES FINALES DE PERFORACIÓN DE POZOS SELECCIONADOS.

### ***Descripción de Formaciones Críticas en la Perforación.***

Fue importante desarrollar la caracterización litológica del corredor Sacha Shushufindi con el objeto de identificar las zonas críticas (Tiyuyacu, Tena y Napo) que atravesaron cada uno de los pozos considerados.

#### ***(Formación Tiyuyacu).<sup>46</sup>***

La formación Tiyuyacu ha sido dividida en dos miembros: Tiyuyacu Superior y Tiyuyacu Inferior.

##### ***Tiyuyacu Inferior***

Está constituido principalmente de conglomerados y en menor proporción areniscas gruesas y lutitas, los conglomerados contienen un 90% de cherts rojizos y angulosos y un 10% de cuarzos lechosos y rocas metamórficas; el tope de este miembro está conformado por areniscas finas y a veces por lutitas en facies de areniscas.

##### ***Tiyuyacu Superior***

Formado en su mayoría por conglomerados y en menor proporción areniscas y lutitas. En la base se puede identificar conglomerado estratificado, arenisca fina a gruesa o conglomerática, y en el tope areniscas.

#### ***(Formación Tena).***

La Formación Tena ha sido subdivida en tres miembros como lo son: basal, inferior y superior.

---

<sup>46</sup> (González Macas, Jara Holguín, & Ramírez Peña, 2010)

*Tena Basal:* (Maastrichtiano inferior<sup>47</sup>), su litología varía desde areniscas arkósicas al este, pasando hacia cuarzo-arenitas, cuarzo-areniscas arkósicas y cuarzo-arenitas calcáreas en la parte central y norte de la Cuenca.<sup>48</sup> Adentrándose hacia la zona subandina, se presentan microconglomerados, brechas calcáreas y areniscas cuarzosas. La base de este miembro corresponde a una discordancia regional asociada a un cambio litológico importante. El contacto superior es concordante con el miembro Tena inferior.

*Tena Inferior:* (Maastrichtiano<sup>49</sup>), constituida de limolitas y areniscas rojas continentales de grano fino.

*Tena Superior:* (Paleoceno<sup>50</sup>), consiste en limolitas y areniscas de grano más grueso.

### **(Formación Napo).**

La Formación Napo obtiene la categoría de Grupo, el mismo que ha sido dividido en distintos miembros descritos litológicamente:

#### ***Napo Basal.***

- Miembro Arenisca Basal: (Albiano medio temprano – Albiano medio tardío), se la conoce también como Hollín superior. Este miembro se diferencia de Hollín por sus características de ambiente marino <sup>51</sup>. Constituida de areniscas cuarzosas glauconíticas, calizas, margas y lutitas.

---

<sup>47</sup> (ALMEIDA CAMPANA & CÁRDENAS CÁRDENAS, 2010)

<sup>48</sup> (ALMEIDA CAMPANA & CÁRDENAS CÁRDENAS, 2010)

<sup>49</sup> (FAUCHER & SAVOYAT, 1973)

<sup>50</sup> (JAILLARD, 1997)

<sup>51</sup> (JAILLARD, 1997)

- Miembro Caliza “C”: (Albiano medio temprano – Albiano medio tardío<sup>52</sup>), comprende calizas masivas y lutitas negras, con presencia de glauconita y fosfatos.
- Miembro Lutitas “T”: (Albiano medio – Albiano tardío<sup>53</sup>), constituida de lutitas negras no calcáreas ricas en material orgánica que evoluciona a tope a calizas fosilíferas intercaladas con niveles de areniscas glauconíticas.
- Miembro Arenisca “T”: (Albiano tardío<sup>54</sup>), se encuentra en discordancia sobre las Lutitas T. Son areniscas de grano fino a medio, que lateralmente, hacia el Oeste, y hacia el tope pasan a glauconíticas intercaladas con lutitas y calizas margosas, formando una secuencia estrato y granodecreciente.

#### *Napo Inferior.*

- *Miembro Caliza “B”*: (Cenomaniano temprano<sup>55</sup>), secuencia de lutitas carbonatadas y calizas fosilíferas y margosas.
- *Miembro Lutita “U”*: (Cenomaniano temprano<sup>56</sup>), ésta se encuentra constituida por lutitas laminadas negras, ligeramente calcáreas o no calcáreas, calizas margosas y calizas arcillosas que pueden, localmente, ser muy potentes.
- *Miembro Arenisca “U”*: (Cenomaniano temprano <sup>57</sup>), corresponde a una secuencia estrato y grano-decreciente, que reposa en discordancia sobre las Lutitas “U”. es una sucesión de areniscas cuarzosas, areniscas glauconíticas de grano fino, lutitas y calizas margosas. Hacia el Oeste, las arenas del Miembro “U” desaparecen

---

<sup>52</sup> (JAILLARD, 1997)

<sup>53</sup> (ALMEIDA CAMPANA & CÁRDENAS CÁRDENAS, 2010)

<sup>54</sup> (ALMEIDA CAMPANA & CÁRDENAS CÁRDENAS, 2010)

<sup>55</sup> (ORDOÑEZ , 2006)

<sup>56</sup> (JAILLARD, 1997)

<sup>57</sup> (ORDOÑEZ , et al, 2006)

pasando a una secuencia de composición predominantemente carbonatada con calizas fosilíferas, arenosas y glauconíticas que alternan con lutitas o limolitas y delgadas areniscas glauconíticas de grano de grano fino.

*Napo Medio.*

- *Miembro Caliza “A”*: (Turoniano medio – Turoniano superior <sup>58</sup>), se propone subdividirla:<sup>59</sup> la parte inferior se caracteriza por una potente sección de calizas micríticas masivas y laminadas, con cherts y restos de peces, escasos bivalvos y amonites enanos localmente abundantes; contiene abundante pirita y poco o nada de glauconita. La parte superior está constituida por calizas fosilíferas (alto contenido de amonites grandes y bivalvos), parcialmente dolomitizada, la abundancia de cantos fosfáticos hacia el tope indican un depósito de mar abierto.
- *Miembro Arenisca “M-2”*: (Turoniano tardío<sup>60</sup>), es una sucesión de areniscas muy finas separadas por intercalaciones de lutitas calcáreas en el Este de la Cuenca.<sup>61</sup> Hacia el Oeste de la Cuenca, esta unidad pasa lateralmente a margas arenosas y glauconíticas que culminan con niveles de calizas hacia el tope.
- *Miembro Caliza “M-2”*: (Turoniano tardío<sup>62</sup>), calizas fosilíferas interestratificadas con lutitas <sup>63</sup>, la parte superior está constituida de calizas margosas fosilíferas.

---

<sup>58</sup> (ALMEIDA CAMPANA & CÁRDENAS CÁRDENAS, 2010)

<sup>59</sup> (Ramírez, 2008)

<sup>60</sup> (JAILLARD, 1997)

<sup>61</sup> (RAYNAUD, 2008)

<sup>62</sup> (ALMEIDA CAMPANA & CÁRDENAS CÁRDENAS, 2010)

<sup>63</sup> (RAYNAUD, 2008)

### *Napo Superior.*

- *Miembro Caliza “M-1”:* (Coniaciano temprano<sup>64</sup>), comprende una sucesión de calizas, lutitas y margas. Presentan un ambiente de plataforma anóxica carbonatada en la base y al tope es una plataforma anóxica restringida.
- *Miembro Lutita “M-1”:* (Santoniano tardío – Campaniano temprano<sup>65</sup>), son lutitas negras y gris oscuras ricas en materia orgánica con esporádicos lentes calcáreos o limo-arenosos, es un depósito de ambiente de plataforma marina somera.
- *Miembro Limolita “M-1”:* (Campaniano temprano – Campaniano medio<sup>66</sup>), este miembro es parte de las areniscas basales “M-1” definidas por Raynaud et al., (1993), corresponde a un depósito donde se presentan intercalaciones o lentes arenosos, a veces carbonatados.
- *Miembro Arenisca “M-1” inferior:* (Campaniano medio<sup>67</sup>), areniscas masivas, gruesas frecuentemente microconglomeráticas a la base; pertenecen a un ambiente fluvial.
- *Miembro Arenisca “M-1” superior:* (Campaniano medio<sup>68</sup>), son areniscas en ocasiones glauconíticas con intercalaciones de lutitas, sobreyacidos por sedimentos pantanosos, los cuales forman capas de carbón.

Las variaciones relativas del mar dan un carácter heterolítico a la Formación o Grupo Napo, estas variaciones pueden deberse al desplazamiento de la línea costera. Dicha Formación descansa en concordancia sobre la

---

<sup>64</sup> (ALMEIDA CAMPANA & CÁRDENAS CÁRDENAS, 2010)

<sup>65</sup> (JAILLARD, 1997)

<sup>66</sup> (ALMEIDA CAMPANA & CÁRDENAS CÁRDENAS, 2010)

<sup>67</sup> (RAYNAUD, 2008)

<sup>68</sup> (ALMEIDA CAMPANA & CÁRDENAS CÁRDENAS, 2010)

Formación Hollín, y es fácilmente reconocible en sísmica por la presencia de reflectores fuertes que corresponden a niveles de caliza.<sup>69</sup> La Lutita “T”, se la considera como roca madre.<sup>70</sup> Mientras que las Areniscas “T”, “U” son reservorios importantes de petróleo.<sup>71</sup>

Con lo visto anteriormente se elaboró un cuadro y gráfico tomando la “estratigrafía encontrada” de la sección de geología de los reportes finales de perforación y survey de Pozo, ver ejemplo (Anexo C-1), los cuales registran la profundidad de los topes formacionales a considerar, refiriéndose principalmente al corte estructural W-E de la Cuenca Oriente en sus tres sectores.

**Cuadro 4.2** Topes de Formaciones Críticas de pozos seleccionados.  
**Elaborado:** Autores.

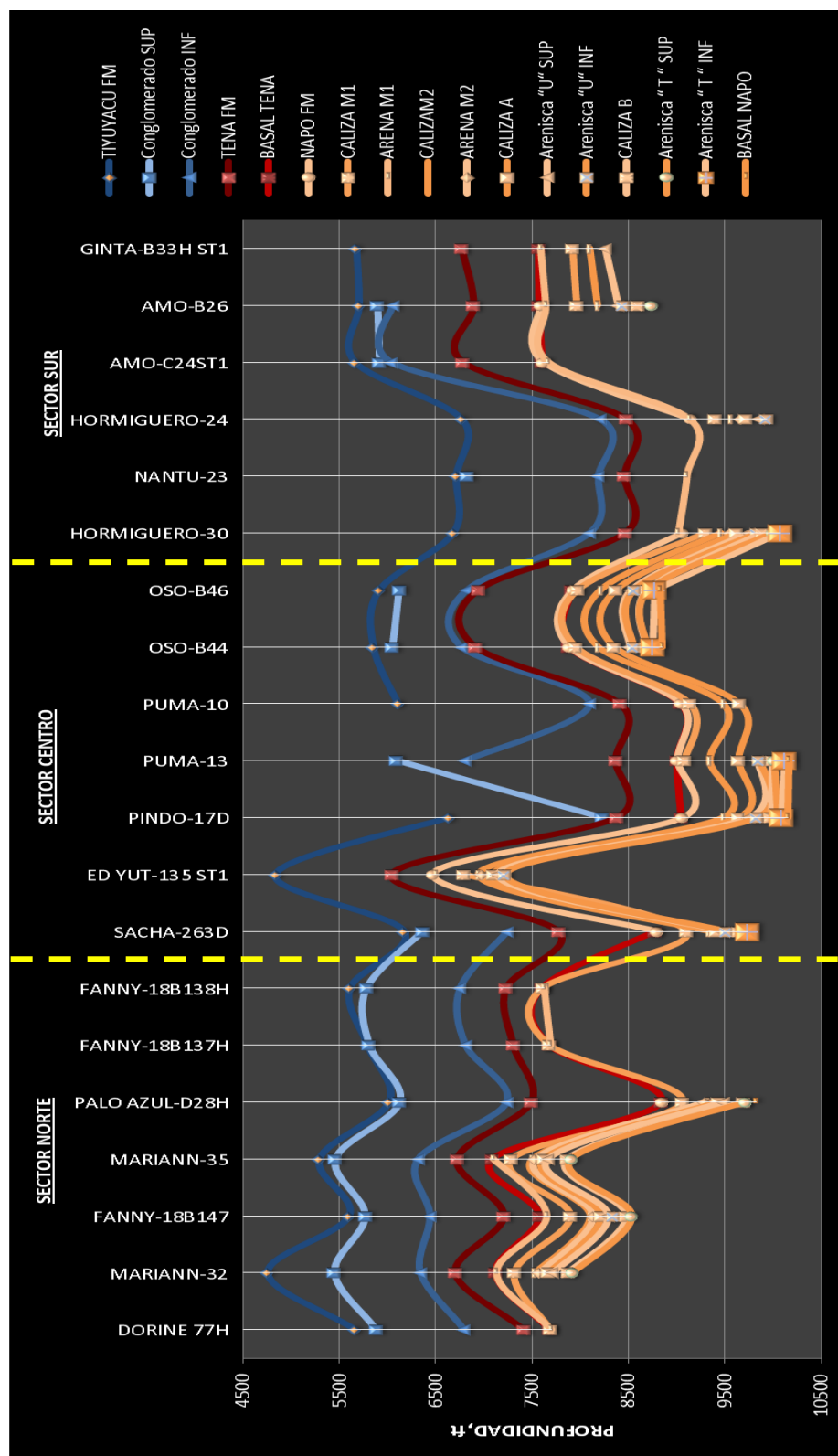
SECTOR	POZO	PROFUNDIDAD	TIYUYACU			TENA		NAPO											
			TIYUYACU FM	Conglomerado SUP	Conglomerado INF	TENA FM	BASAL TENA	NAPO FM	CALIZA M1	ARENA M1	CALIZAM2	ARENA M2	CALIZA A	Arenisca "U" SUP	Arenisca "U" INF	CALIZA B	Arenisca " T " SUP	Arenisca " T " INF	BASAL NAPO
NORTE	PALO AZUL-D28H	TVD	6017	6127	7236	7491	8837	8853	9059		9326	9300	9431	9481		9691	9713		9825
NORTE	DORINE 77H	TVD	5661	5881	6794	7410	7683		7687	7698									
NORTE	FANNY-18B138H	TVD	5609	5780	6752	7230	7596		7607	7625									
NORTE	FANNY-18B137H	TVD	5790	5810	6808	7303	7677		7681	7691									
NORTE	FANNY-18B147	TVD	5601	5767	6439	7206	7575		7898	7652	8102	8134	8212	8292	8342	8478	8535		
NORTE	MARIANN-32	TVD	4754	5448	6340	6701	7119		7315	7128	7528	7577	7672	7715		7870	7920		
NORTE	MARIANN-35	TVD	5293	5458	6317	6720	7087		7288	7095	7505	7538	7622	7667		7867	7906		
CENTRO	OSO-B46	TVD	5916	6119	6826	6944	7913	7925	7973		8211		8370	8530	8561	8699	8713	8770	8833
CENTRO	OSO-B44	TVD	5851	6051	6764	6909	7879	7886	7950		8184		8351	8514	8551	8682	8691	8747	8847
CENTRO	PUMA 10	TVD	6108		8096	8407	9039	9045	9137		9483		9651						
CENTRO	PUMA 13	TVD		6092	6806	8364	9002	9008	9078		9341		9640	9840	9863	9995	10011	10125	10164
CENTRO	SACHA-263D	TVD	6171	6365	7245	7772	8776	8800	9100		9334		9409	9487	9519	9654	9680	9734	
CENTRO	PINDO-17D	TVD	6639	8225		8376	9045	9063			9482		9639	9752	9838	9983	10049	10083	10151
CENTRO	ED YUT-135 ST1	TVD	4836			6042		6470	6786	6504	6942	6984	7095	7143	7220				
SUR	HORMIGUERO-30	TVD	6682		8097	8465		9057	9299	9018	9457	9567	9617	9744	9833	9887	9999	10075	
SUR	HORMIGUERO-24	TVD	6770		8200	8473		9146	9397	9134	9559	9668	9713	9846	9931				
SUR	NANTU-23	TVD	6713	6818	8187	8460				9106									
SUR	AMO-C24ST1	TVD	5662	5916	6039	6783	7603	7617		7670									
SUR	AMO-B26	TVD	5704	5897	6052	6894	7572	7593	7962	7641	8177			8393	8443	8601	8738		
SUR	GINTA-B33H ST1	TVD	5678			6769	7565		7919	7587	8096			8258					

<sup>69</sup> (RIVADENEIRA & BABY, 1999)

<sup>70</sup> (DASHWOOD & ABBOTTS, 1990)

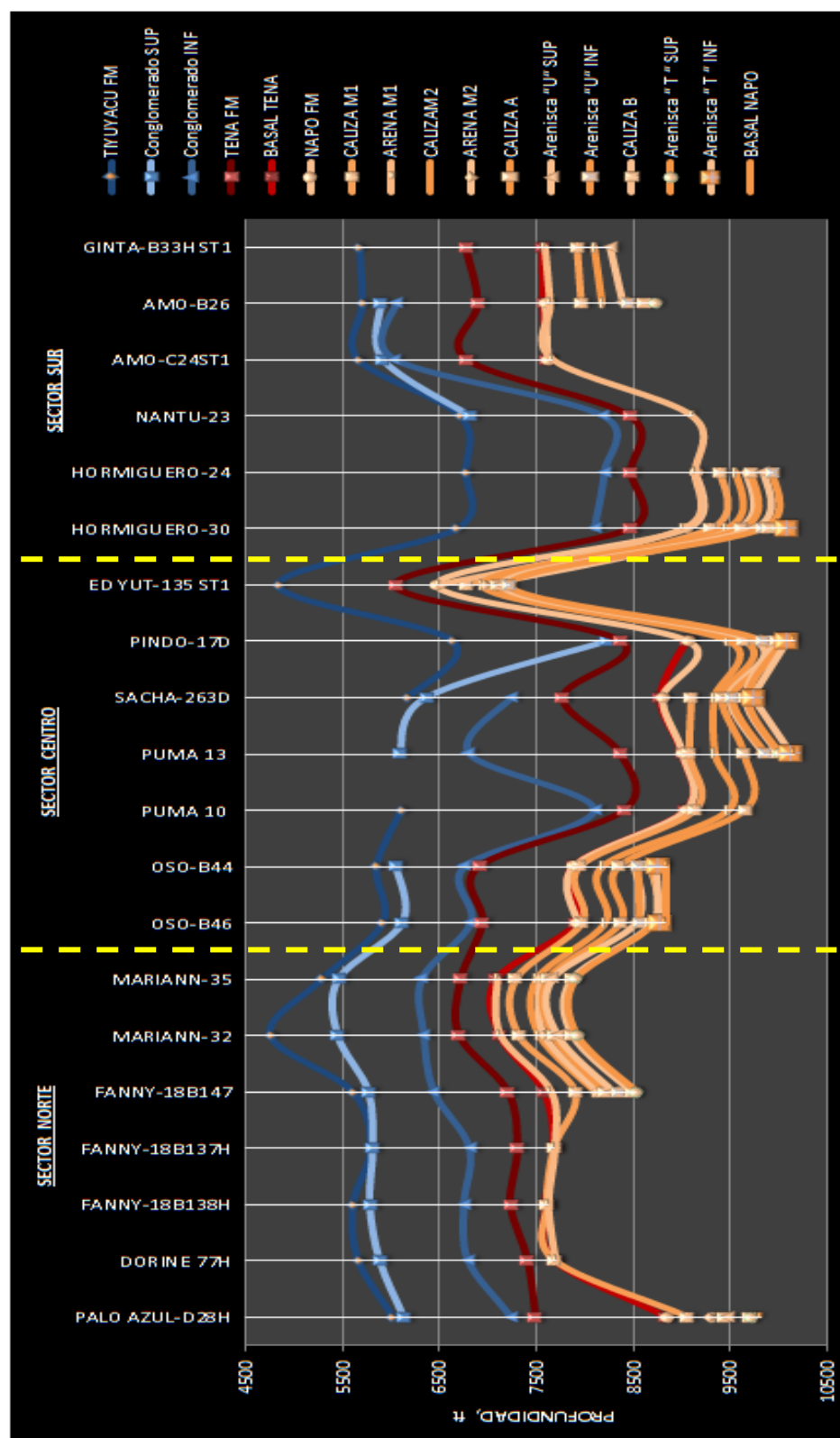
<sup>71</sup> (ALMEIDA CAMPANA & CÁRDENAS CÁRDENAS, 2010)





**Gráfico 4.3** Variación Litológica de Formaciones Críticas en la Cuenca Oriente Corte Norte-Sur.

**Elaborado:** Autores.



**Gráfico 4.4** Variación Litológica de Formaciones Críticas en la Cuenca Oriente Corte Oeste-Este.

**Elaborado:** Autores.

El Grafico 4.3 y 4.4 representa la variación litológica de las Formaciones Críticas en la Cuenca Oriente en sus tres sectores.

Las principales características de las que se pueden apreciar a través de los Gráficos son:

Variación en Profundidad.- Los gráficos muestran en forma clara como las formaciones tienden a profundizarse conforme nos dirigimos al Este, en los sectores Centro y Sur de la Cuenca.

Variación de Espesores.- Los Sectores Centro y Sur denotan disminución en la potencia de los Conglomerados de la Formación Tiyuyacu particularmente el Conglomerado Inferior mientras que el Conglomerado Superior pierde continuidad debido a fenómenos geológicos (Fallas, Hiatos).

### ***Análisis de Problemas en las Formaciones Críticas.***

Durante la perforación de pozos, se presentan diferentes problemas operacionales, en forma específica al atravesar las llamadas Formaciones Críticas, las cuales por sus características físicas (dureza, compactación, agresividad, etc.) y químicas particulares, son las que generen la mayor problemática y por experiencia requieren ser tratadas con variables y parámetros definidos (parámetros controlados), para ser perforadas con eficiencia y reduciendo el peligro de atascamientos y pescados.

Los diferentes problemas operacionales encontrados en los reportes finales de perforación, se muestran en el (Anexo C-2, C-3 y C-4), los cuales fueron analizados en todas las secciones de cada pozo y en forma especial en aquellos que tuvieron SIDE TRACK, evidenciando que estos problemas ocurren con mayor frecuencia en las Secciones constituidas por las Formaciones Críticas descritas anteriormente.

El estudio de los problemas fue desarrollado obteniendo promedios de ocurrencia para cada sección de los pozos y fueron tomados en cuenta

aquellos pozos que presentaron un mejor desempeño en las operaciones, se tomó las recomendaciones y comentarios que las compañías encargadas de las operaciones emiten, para lograr un mejor desempeño en futuras operaciones de perforación, donde se enfrenten a condiciones similares.

Al considerar las recomendaciones y lecciones aprendidas se evidenció los motivos o causas que dieron lugar a la ocurrencia de los diferentes problemas operacionales, y con ello se logró encontrar las secciones del pozo que deberán ser optimizadas.

### ***Análisis de Parámetros y Variables de Perforación.***

En forma preliminar para el análisis de parámetros y variables de perforación los datos fueron tomados específicamente del Bit Record de cada pozo, ver ejemplo (Anexo C-5), los cuales se organizaron en diferentes cuadros y gráficos para el manejo práctico de la información.

Esta distribución permitió analizar detalladamente el comportamiento de los parámetros y variables de perforación en cada sección perforada de los pozos de cada sector, en la orientación Oeste-Este (W-E).

Se creó una matriz capaz de sintetizar en un solo esquema los parámetros, variables, características y mediciones como: Sección (26", 16", 12 ¼", 8 ½"), características de las brocas (marca, tipo, N° serie, IADC, boquillas, TFA), profundidades (entrada, salida, intervalo perforado), tipo de formación atravesada, Caudal, ROP, WOB, RPM (rotando), Torque, peso del lodo, profundidad de asentamiento de Casing y tiempo de perforación, por cada Sector de la Cuenca Oriente (ANEXO C-6, C-7 y C-8).

Las gráficas para todas las variables y parámetros, sintetizan las mediciones de los pozos seleccionados de cada sector, permitiendo establecer tendencias de incremento o disminución en la dirección (W-E); también se crearon cuadros de promedios por sección, para descubrir los rangos apropiados con los cuales los pozos fueron perforados.

Las secciones de 16", 12 ¼" y 8 ½" abarcan el grupo de formaciones consideradas como Formaciones Críticas, en donde ocurre la mayor cantidad de problemas como se mencionó anteriormente, y por esa razón, fue necesario considerar la calidad de los pozos en función de sus problemas, así como la eficiencia en las operaciones, mejores ROP, longitud de los intervalos perforados y el mejor desempeño en tiempo de las operaciones.

Una vez recopilada la información necesaria por cada broca corrida en las operaciones, se procedió a comparar todas las variables, parámetros y mediciones de los diferentes pozos por cada sección, con el propósito de reconocer los rangos operacionales en los que todos los pozos fueron perforados.

La eficiencia de la perforación, depende del tipo de broca que se va a utilizar para atravesar determinada formación. Al seleccionar la broca más adecuada de acuerdo a las características litológicas y físicas de la roca, se alcanza altas ROP, bajos costos y disminución del tiempo de perforación.

Los códigos IADC permiten la correcta selección de las barrenas en diferentes condiciones litológicas, para así seleccionar las brocas más apropiadas para atravesar las diferentes formaciones de la Cuenca Oriente.

Al considerar las propiedades geológicas de las formaciones críticas y las características de las brocas se recomendó utilizar para los conglomerados brocas PDC y Tricónicas a medida que la dureza de la formación aumente, rotando con parámetros controlados.

El TFA, constituye el área total de flujo de las boquillas de la broca, regula los cambios en presión y velocidad del lodo de perforación.

El HSI, al ser la fuerza hidráulica que consume la broca, proporciona la energía para remover los recortes, determina el índice de limpieza del pozo, e influye directamente sobre la ROP.

La relación entre el TFA y HSI está definida por:  $TFA \approx 1 / HSI$

### ***Variación de la Rata de Penetración (ROP) Promedia en la Cuenca***

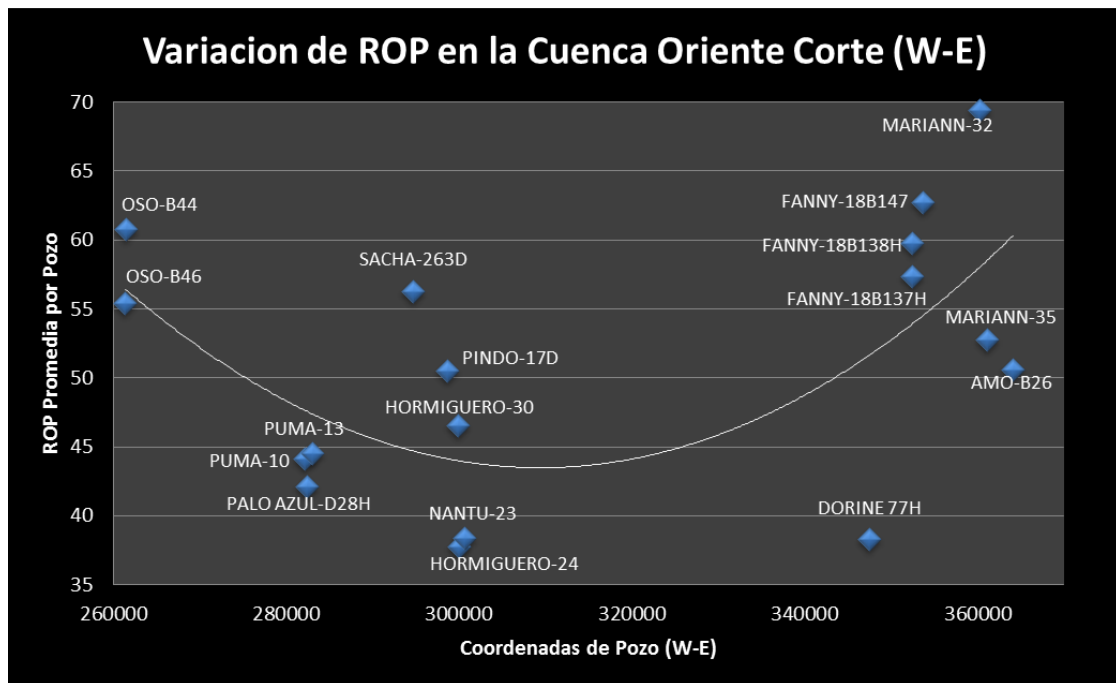
#### ***Oriente.***

Con el propósito de establecer la variación de la ROP en las direcciones N-S y W-E en la Cuenca Oriente, se construye el Cuadro 4.3, que muestra las coordenadas en superficie y los ROP promedios de los 20 pozos seleccionados para el estudio.

**Cuadro 4.3** Variación de ROP Promedia por Pozo en la Cuenca Oriente.  
**Elaborado:** Autores.

SECTOR	POZO	COORDENADAS SUPERFICIE (m)		CONFIGURACIÓN	PIES PERFORADOS POR POZO (pies)	HORAS PERFORADAS (horas)	ROP PROMEDIO DEL POZO (ft/hora)
		E	N				
NORTE	PALO AZUL-D28H	282494,788	9980855,690	HORIZONTAL	12400	294,5	42,11
NORTE	DORINE 77H	347566,610	9986571,110	HORIZONTAL	11050	288,5	38,30
NORTE	FANNY-18B138H	352482,230	9980185,330	HORIZONTAL	10041	168,0	59,77
NORTE	FANNY-18B137H	352484,740	9980187,978	HORIZONTAL	10316	180,0	57,31
NORTE	FANNY-18B147	353699,480	9982425,102	DIRECCIONAL "J"	9943	158,5	62,73
NORTE	MARIANN-32	360295,810	9984436,120	DIRECCIONAL "S"	8322	119,9	69,43
NORTE	MARIANN-35	361137,990	9981634,920	DIRECCIONAL "J"	8488	161,0	52,72
CENTRO	OSO-B46	261446,500	9924496,740	DIRECCIONAL "S"	9304	168,0	55,38
CENTRO	OSO-B44	261485,180	9924496,760	DIRECCIONAL "J"	9658	159,0	60,74
CENTRO	PUMA-10	282259,000	9924847,000	DIRECCIONAL "J"	9926	225,0	44,12
CENTRO	PUMA-13	283142,600	9925036,500	DIRECCIONAL "J"	10481	235,4	44,53
CENTRO	SACHA-263D	294800,310	9978245,000	DIRECCIONAL "S"	10385	184,6	56,27
CENTRO	PINDO-17D	298689,000	9927231,000	DIRECCIONAL "J"	10905	216,0	50,49
CENTRO	ED YUT-135 ST1	378126,075	9940619,340	SIDE TRACK H	9609	274,0	35,07
SUR	HORMIGUERO-30	299973,130	9919425,970	DIRECCIONAL "J"	10908	234,5	46,52
SUR	HORMIGUERO-24	300042,700	9916266,380	DIRECCIONAL "J"	10949	290,0	37,76
SUR	NANTU-23	300731,639	9919082,322	DIRECCIONAL "S"	9043	235,8	38,35
SUR	AMO-C24ST1	363967,580	9896326,880	SIDE TRACK H	12054	321,8	37,46
SUR	AMO-B26	364108,394	9894322,230	DIRECCIONAL "J"	9323	184,3	50,60
SUR	GINTA-B33H ST1	371836,533	9884602,509	SIDE TRACK H	11903	282,5	42,13

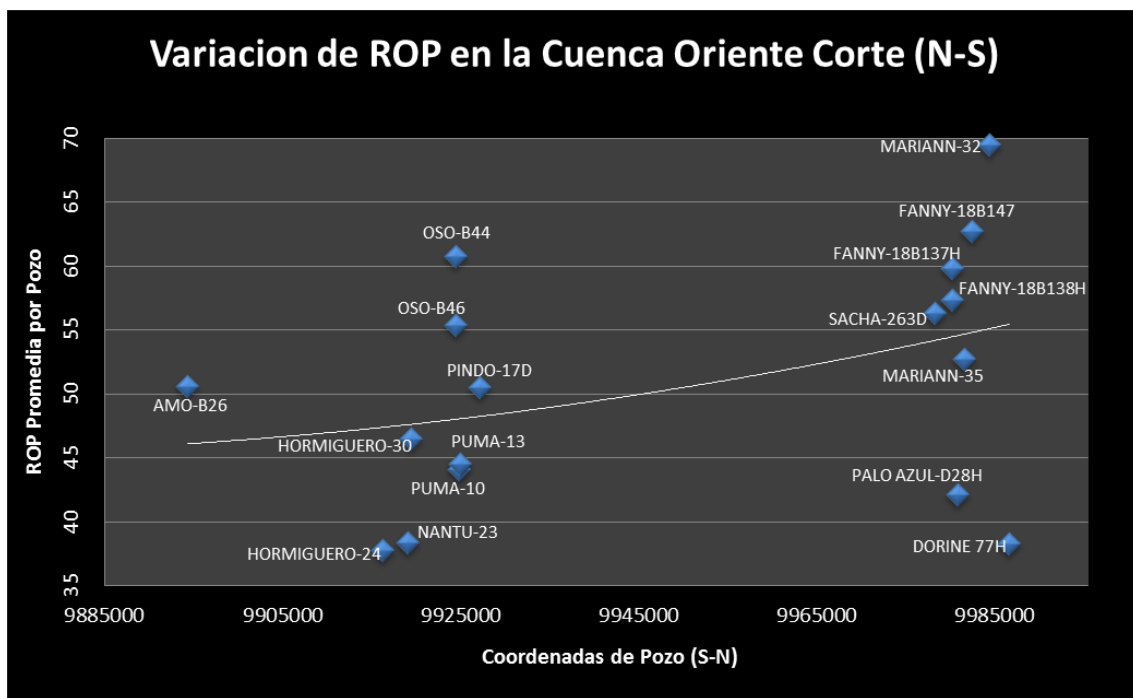
Los datos del cuadro anterior son exhibidos en dos figuras, la Gráfico 4.4, denota la variación de la ROP en el sentido W-E, mientras que la Gráfico 4.5 muestra la variación de la ROP en el sentido N-S en la Cuenca Oriente.



**Gráfico 4.5** Variación de ROP en la Cuenca Oriente (W-E).

**Elaborado:** Autores.

La ROP en la dirección Oeste-Este en la Cuenca Oriente es decir considerando sus tres sectores (Norte, Centro y Sur), exhibe una declinación hasta el Centro de la Cuenca y desde este punto los valores de ROP tienden a incrementar conforme se dirigen hacia el Este, esta tendencia se debe a la influencia de la variación litológica y el aumento de profundidad de las Formaciones Críticas en el Sector Centro de la Cuenca Oriente que se evidencia en el variación Litológica de Formaciones Críticas en la Cuenca Oriente (Gráfico 4.3), de ahí la disminución de la ROP en este Sector.



**Gráfico 4.6** Variación de ROP en la Cuenca Oriente (N-S).

**Elaborado:** Autores.

En la Cuenca Oriente en el sentido Norte – Sur, los datos promedios de ROP de los pozos ajustan una curva que muestra una tendencia de incremento conforme nos dirigimos al Norte (derecha de la figura) y hacia Sur tiende a declinar debido a su variación litológica, con lo anteriormente analizado. Al ser esta una consideración general de la forma en que varía las ROP en las direcciones W-E y N-S, no se puede establecer una regla específica que ayude a la optimización de cada uno de los parámetros de perforación en la Cuenca Oriente, ya que al hacerlo se obtendría resultados poco específicos a las necesidades dadas. Sin embargo es una muestra ampliada que permite percibir la influencia de los caracteres litológicos en el desarrollo de las actividades de perforación en cualquier zona de la Cuenca Oriente. Por esa razón es imprescindible analizar de cada pozo sus Secciones más importantes (16", 12 ¼ "y 8 ½"), así, toda la recopilación y análisis estadístico, consistió en detallar los fenómenos y tendencias que se presentan en cada una de las secciones de los pozos y en forma más amplia en cada Sector de la Cuenca Oriente.



## Análisis de la Sección de 16".

**Cuadro 4.4** Descripción de Brocas por Sectores, Sección 16".  
**Elaborado:** Autores.

SECTOR	POZO	SECCIÓN pulgadas	BROCAS						FORMACIÓN
			TIPO	TIPO	N° SERIE	IADC	BOQUILLAS	TFA	
NORTE	PALO AZUL-D28H	16"	SDI519MHPX	PDC	JD6819	S123	4x12+4x13	0,96	T-IND
NORTE	PALO AZUL-D28H	16"	SDI519MHPX	PDC	JD6819	S123	4x12+4x13	0,96	T-IND/ORT
NORTE	PALO AZUL-D28H	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND/ORT
NORTE	DORINE 77H	16"	FX56S	PDC	11570316	S123	4x13-3x14	0,969	T-IND
NORTE	DORINE 77H	16"	FX56S	PDC	11570316	S123	4x13-3x14	0,969	T-IND/ORT
NORTE	DORINE 77H	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND/ORT
NORTE	FANNY-18B138H	16"	SDI519MHPX	PDC	JD-7059	S123	5x15-3x14	1,099	T-IND
NORTE	FANNY-18B138H	16"	SDI519MHPX	PDC	JD-7059	S123	5x15-3x14	1,099	T-IND/ORT
NORTE	FANNY-18B138H	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND/ORT
NORTE	FANNY-18B137H	16"	FS2563Z	PDC	11291792	S123	5x14-2x15	1,097	T-IND
NORTE	FANNY-18B137H	16"	FS2563Z	PDC	11112868	S123	5x14-2x15	1,097	ORT
NORTE	FANNY-18B137H	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND/ORT
CENTRO	OSO-B46	16"	SDI519MHPX	PDC	JE4078	S123	8x12	0,884	T-IND
CENTRO	OSO-B46	16"	SDI519MHPX	PDC	JE4078	S123	8x12	0,884	T-IND
CENTRO	OSO-B46	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND
CENTRO	OSO-B44	16"	SDI519MHPX	PDC	JD 6819	S123	8x12	0,884	T-IND
CENTRO	OSO-B44	16"	SDI519MHPX	PDC	JD 6819	S123	8x12	0,884	T-IND
CENTRO	OSO-B44	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND
CENTRO	SACHA-263D	16"	HCM605	PDC	7303951	M223	10x11	0,9281	T-IND
CENTRO	SACHA-263D	16"	HCM605	PDC	7303951	M223	5x12-5x11	1,0163	T-IND/ORT
CENTRO	SACHA-263D	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND/ORT
CENTRO	PINDO-17D	16"	SDI519MHPX	PDC	JE-6090	S123	4x12-4x13	0,96	T-IND
CENTRO	PINDO-17D	16"	SDI519MHPX	PDC	JE-6091	S123	3x13-2x14-3x15	1,2	T-IND
CENTRO	PINDO-17D	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND
CENTRO	ED YUT-135 ST1	16"	TFR519S	TRIC	AT4477	115	5x15	0,863	ORT/TIY
CENTRO	ED YUT-135 ST1	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND/TIY
SUR	HORMIGUERO-30	16"	FX56s	PDC	11510494	S123	7x13	0,907	T-IND
SUR	HORMIGUERO-30	16"	FX56s	PDC	11565470	S123	4x14-3x15	0,969	T-IND
SUR	HORMIGUERO-30	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND
SUR	HORMIGUERO-24	16"	SDI519MHPX	PDC	JY6067	S123	5x12-3x13	0,941	T-IND
SUR	HORMIGUERO-24	16"	SDI519MHPX	PDC	JY6067	S123	5x14-3x13	1,141	TI/ORT
SUR	HORMIGUERO-24	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND/ORT
SUR	NANTU-23	16"	FS2563Z	PDC	11323823	S124	7x13	0,907	T-IND
SUR	NANTU-23	16"	FS2563Z	PDC	11323823	S123	4x14-3x15	1,119	T-IND
SUR	NANTU-23	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND
SUR	AMO-B26	16"	HCM605	PDC	7303167	M323	10x10	0,767	T-IND
SUR	AMO-B26	16"	PROMEDIO POR SECCIÓN						T-IND

En la Sección Superficial de 16" en todos los pozos del Sector Norte se trabaja con un TFA mínimo de 0,96 y máximo de 1,099 pulgadas cuadradas, mientras que en el Sector Centro se opera en esta sección con un TFA entre

0,863 y 1,2 pulgadas cuadradas, y en el Sector Sur el rango de TFA, fluctúa entre 0,767 y 0,969 pulgadas cuadradas.

Se destaca que el asentamiento del Casing en la sección de 16 pulgadas para Sector Norte se asienta con mayor frecuencia en la formación Orteguaza, en el Sector Centro se lo hace con mayor regularidad en las formaciones que constituyen el Terciario Indiferenciado y en menor proporción se lo hace en las formaciones Orteguaza y Tiyuyacu, en el Sector Sur el asentamiento de la tubería de revestimiento se lo efectúa con frecuencia en las formaciones que constituyen el Terciario Indiferenciado y parte en la formación Orteguaza, los criterios de asentamiento de Casing dependerán del diseño del Pozo y el mecanismo de Producción a emplearse.

La broca que se utilizó en esta sección con mayor frecuencia es la de tipo PDC, se utilizó una de tipo Tricónica para iniciar la perforación del conglomerado de la formación Tiyuyacu.

**Cuadro 4.5** Variación de Parámetros, Sección 16".  
**Elaborado:** Autores.

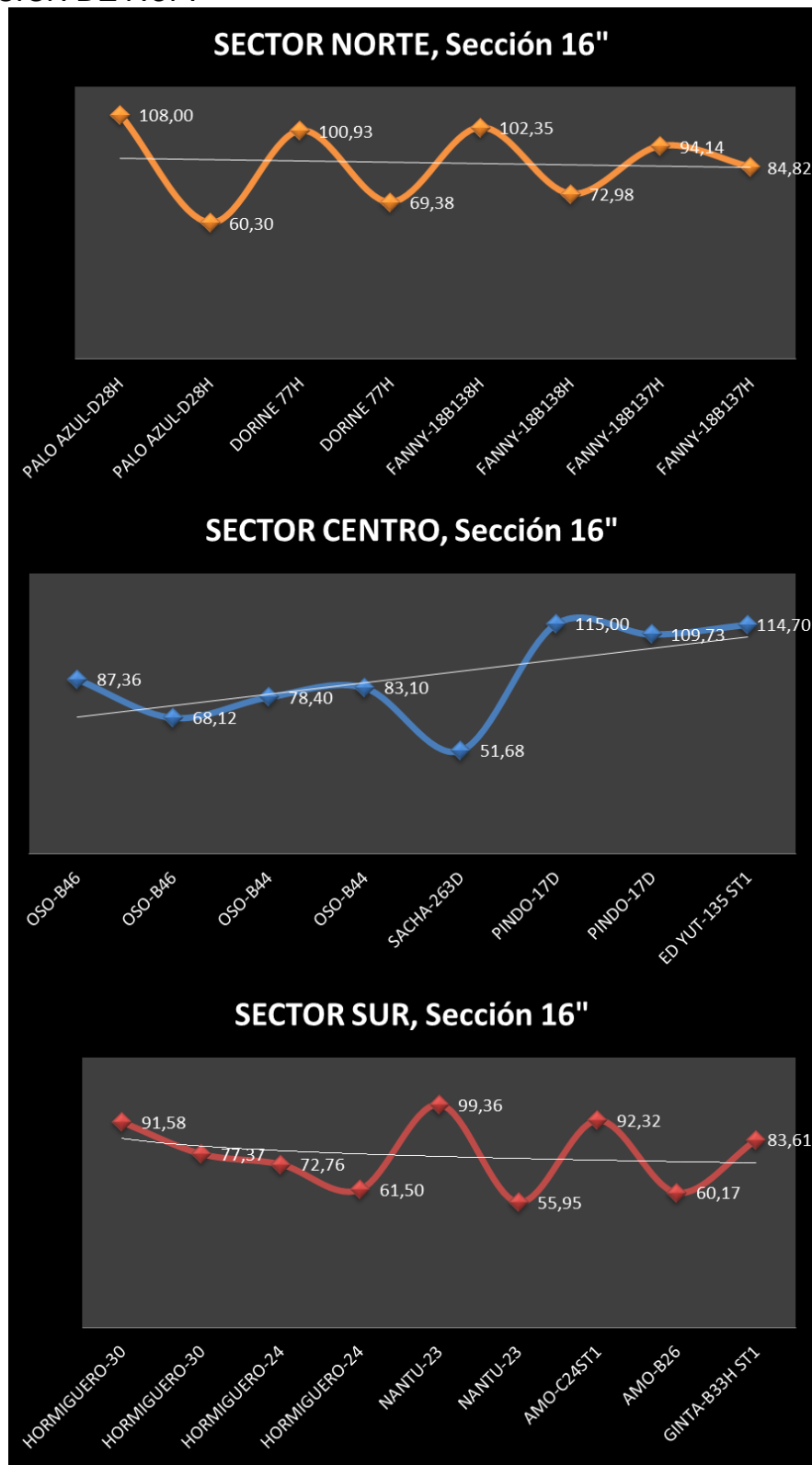
SECTOR	POZO	CONFIGURACIÓN	SECCIÓN pulgadas	CAUDAL (gpm)	WOB (Klbs)	RPM	TORQUE (Klbs-ft)	LODO (ppg)
NORTE	PALO AZUL-D28H	HORIZONTAL	16"	150 1100	2 30	60 195	1 3	8,4 10,1
NORTE	DORINE 77H	HORIZONTAL	16"	200 1000	5 25	45 80	2 12	8,5 10,1
NORTE	FANNY-18B138H	HORIZONTAL	16"	200 1000	4 20	60 100	1 12	8,8 10,0
NORTE	FANNY-18B137H	HORIZONTAL	16"	400 1000	10 30	40 90	3 14	9,8 10,2
PROMEDIO POR SECTOR				150 1100	2 30	40 195	1 14	8,4 10,2
CENTRO	OSO-B46	DIRECCIONAL "S"	16"	550 950	4 15	60 120	3 9	11,2 12,9
CENTRO	OSO-B44	DIRECCIONAL "J"	16"	300 950	8 18	120 290	3 11	11,2 12,9
CENTRO	SACHA-263D	DIRECCIONAL "S"	16"	500 1000	3 28	80 240	5 18	8,8 10,3
CENTRO	PINDO-17D	DIRECCIONAL "J"	16"	1000 1000	10 25	40 40	3 15	9,2 10,0
CENTRO	ED YUT-135 ST1	SIDE TRACK H	16"	160 1000	2 22	50 100	2 3	8,5 10,0
PROMEDIO POR SECTOR				160 1000	2 28	40 290	2 18	8,5 12,9
SUR	HORMIGUERO-30	DIRECCIONAL "J"	16"	200 1000	4 20	40 70	2 14	8,5 9,9
SUR	HORMIGUERO-24	DIRECCIONAL "J"	16"	450 1000	5 14	50 70	1 11	8,6 10,1
SUR	NANTU-23	DIRECCIONAL "S"	16"	500 1100	6 24	40 85	1 14	8,7 9,8
SUR	AMO-B26	DIRECCIONAL "J"	16"	300 950	2 15	40 50	2 8	9,4 10,0
PROMEDIO POR SECTOR				200 1100	2 24	40 85	1 14	8,5 10,1

En esta Sección al atravesar las formaciones que constituyen el Terciario Indiferenciado y parte de las formaciones Ortegua y Tiyuyacu, se requieren de condiciones apropiadas para enfrentarse al conglomerado superficial constituido por cantos rodados de depósitos aluviales, caracterizado por su alta dureza, así también para perforar la litología arcillosa con intercalaciones de arena.

**Cuadro 4.6** Variación de ROP, Sección 16".  
**Elaborado:** Autores.

SECTOR	POZO	CONFIGURACIÓN	SECCIÓN pulgadas	TFA	HORAS PROMEDIA	ROP PROMEDIA (pies/hora)
NORTE	PALO AZUL-D28H	HORIZONTAL	16"	0,96	33,5	108,00
NORTE	PALO AZUL-D28H	HORIZONTAL	16"	0,96	32	60,30
NORTE	DORINE 77H	HORIZONTAL	16"	0,969	33,5	100,93
NORTE	DORINE 77H	HORIZONTAL	16"	0,969	32	69,38
NORTE	FANNY-18B138H	HORIZONTAL	16"	1,099	34,5	102,35
NORTE	FANNY-18B138H	HORIZONTAL	16"	1,099	21,5	72,98
NORTE	FANNY-18B137H	HORIZONTAL	16"	1,097	35,5	94,14
NORTE	FANNY-18B137H	HORIZONTAL	16"	1,097	22	84,82
<b>86,61</b>						
CENTRO	OSO-B46	DIRECCIONAL "S"	16"	0,884	29,5	87,36
CENTRO	OSO-B46	DIRECCIONAL "S"	16"	0,884	25,5	68,12
CENTRO	OSO-B44	DIRECCIONAL "J"	16"	0,884	39	78,40
CENTRO	OSO-B44	DIRECCIONAL "J"	16"	0,884	13	83,10
CENTRO	SACHA-263D	DIRECCIONAL "S"	16"	1,0163	31,87	51,68
CENTRO	PINDO-17D	DIRECCIONAL "J"	16"	0,96	20	115,00
CENTRO	PINDO-17D	DIRECCIONAL "J"	16"	1,2	30	109,73
CENTRO	ED YUT-135 ST1	SIDE TRACK H	16"	0,863	41,5	114,70
<b>88,51</b>						
SUR	HORMIGUERO-30	DIRECCIONAL "J"	16"	0,907	33	91,58
SUR	HORMIGUERO-30	DIRECCIONAL "J"	16"	0,969	33,5	77,37
SUR	HORMIGUERO-24	DIRECCIONAL "J"	16"	0,941	37,00	72,76
SUR	HORMIGUERO-24	DIRECCIONAL "J"	16"	1,141	34,00	61,50
SUR	NANTU-23	DIRECCIONAL "S"	16"	0,907	22	99,36
SUR	NANTU-23	DIRECCIONAL "S"	16"	1,119	51,3	55,95
SUR	AMO-C24ST1	SIDE TRACK H	16"	0,767	28,4	92,32
SUR	AMO-B26	DIRECCIONAL "J"	16"	0,767	35	60,17
SUR	GINTA-B33H ST1	SIDE TRACK H	16"	0,866	38	83,61
<b>77,18</b>						

## VARIACIÓN DE ROP.



**Gráfico 4.7** Variación de ROP (W-E), Sección 16".

**Elaborado:** Autores.

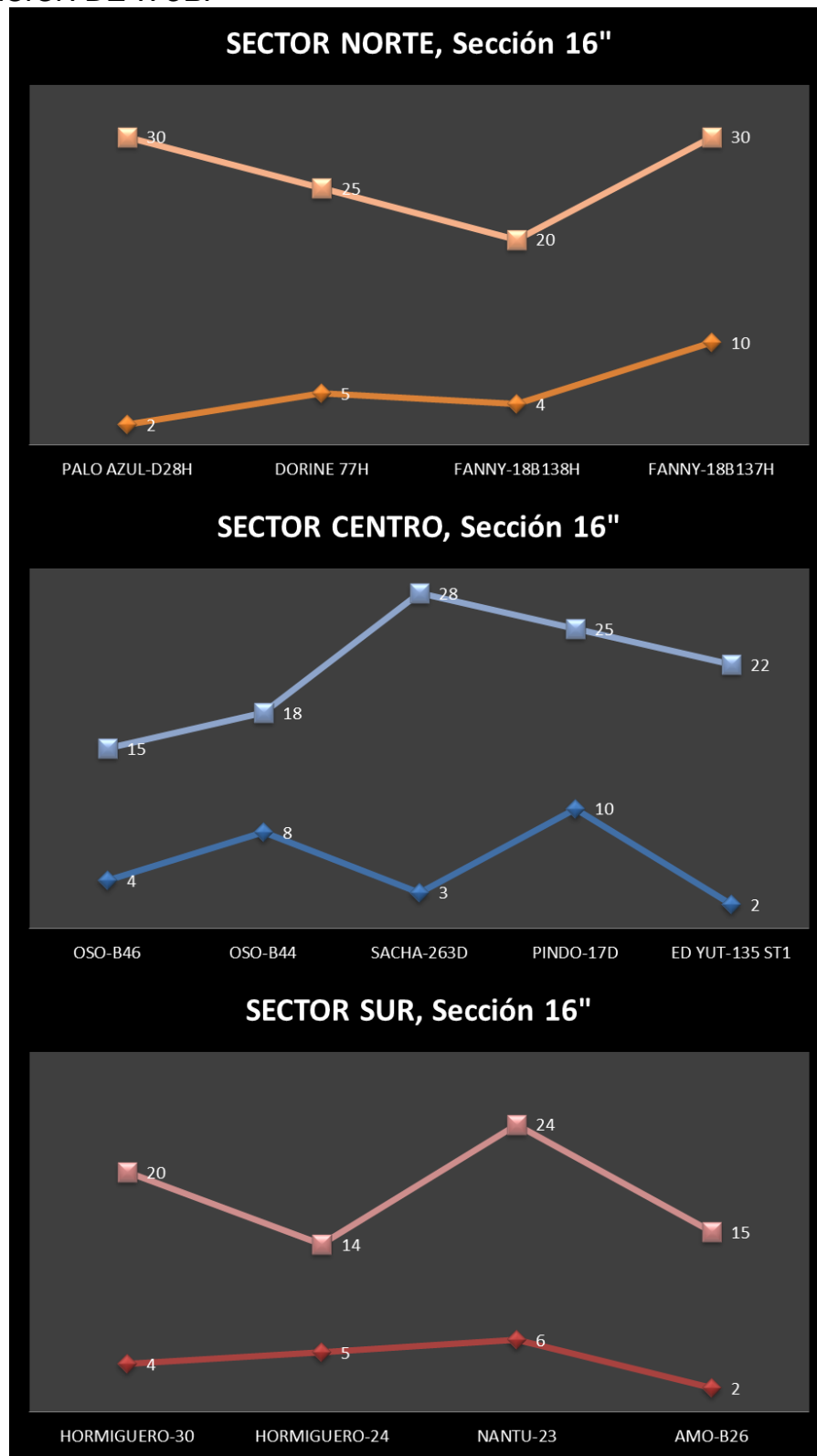
#### *Análisis W-E.*

La ROP en los sectores Norte y Sur presentan una tendencia leve de disminución al dirigirse hacia el Este, manteniéndose entre los valores mínimos y máximos de la curva, mientras en el Sector Centro conforme los valores se dirigen al Este, la tendencia de la curva presenta un incremento de los valores.

#### *Análisis de la Sección.*

Los ROP promedios en la sección de 16" en el Sector Norte, Centro y Sur respectivamente son 86,61; 88,51 y 77,18 pies por hora, de lo cual se nota que en la orientación Norte Sur la ROP hacia el Centro incrementa y hacia el Sur esta disminuye, requiriéndose valores máximos de ROP en el Sector Centro de la Cuenca Oriente.

VARIACIÓN DE WOB.



**Gráfico 4.8** Variación de WOB (W-E), Sección 16".

**Elaborado:** Autores.

### *Análisis W-E.*

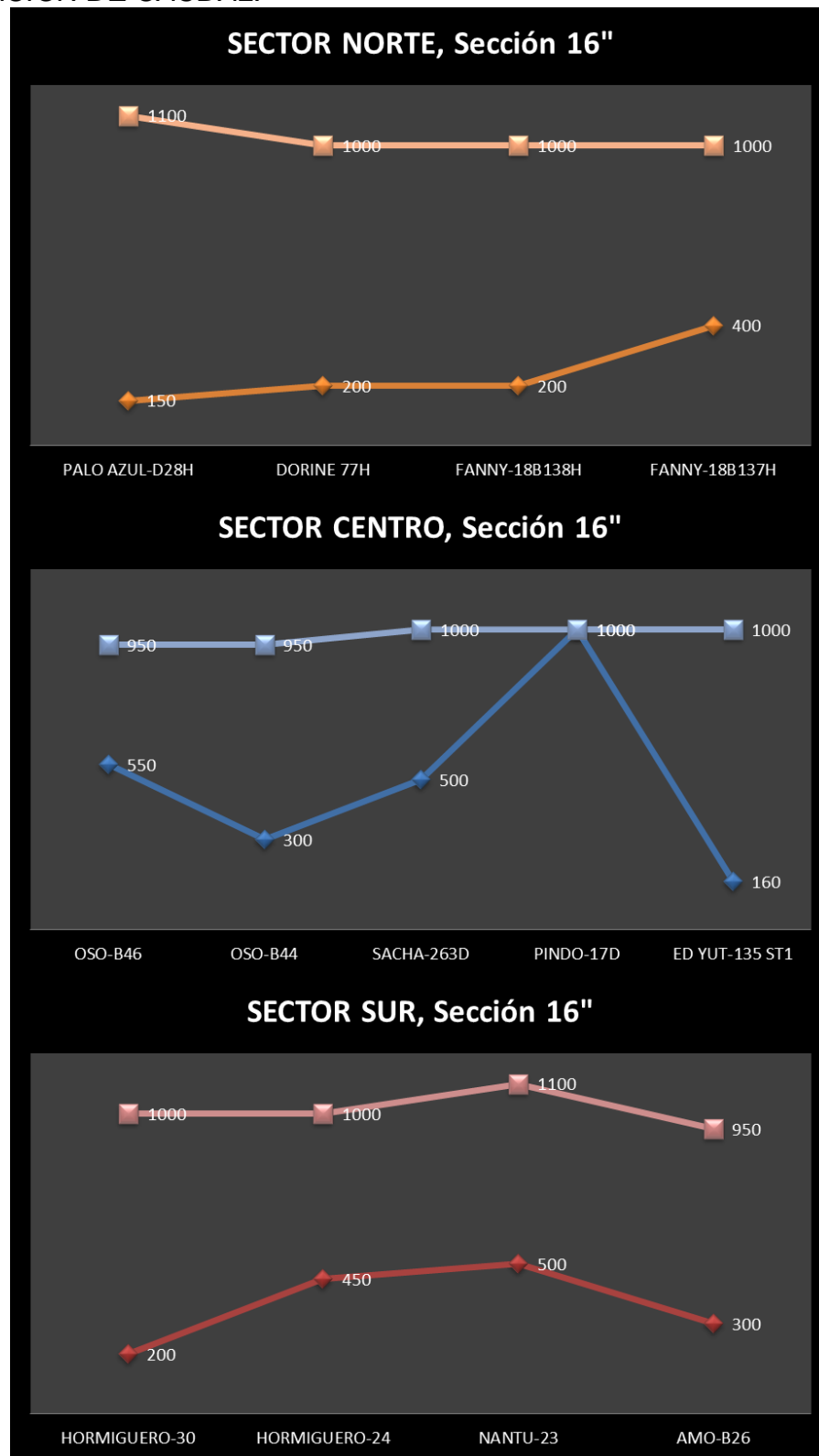
Los valores mínimos y máximos de peso sobre la barrena utilizados en la sección de 16 pulgadas de los tres sectores de la Cuenca oriente, están representados en diferentes curvas para visualizar su variación de Oeste a Este. Cada curva representa los valores mínimos y máximos de WOB respectivamente.

En el Sector Norte hay una tendencia de descenso hacia el Centro del Sector y de ascenso hacia el Este, mientras que el Sector Centro presenta un ascenso hacia el Centro del Sector y un descenso hacia el Este y en el Sector Sur de la Cuenca el peso sobre la barrena se mantiene entre los valores máximos y mínimos de WOB.

### *Análisis de la Sección.*

En esta sección los valores de peso sobre la barrena oscilan en rangos similares así, el WOB para el Sector Norte varía entre 2 y 30 klb, en el Sector Centro de 2 a 28 klb y en el Sector Sur oscila entre 2 y 24 klb; esto hace notar que en la dirección Norte a Sur el WOB disminuye.

## VARIACIÓN DE CAUDAL.



**Gráfico 4.9** Variación de Caudal (W-E), Sección 16".

**Elaborado:** Autores.



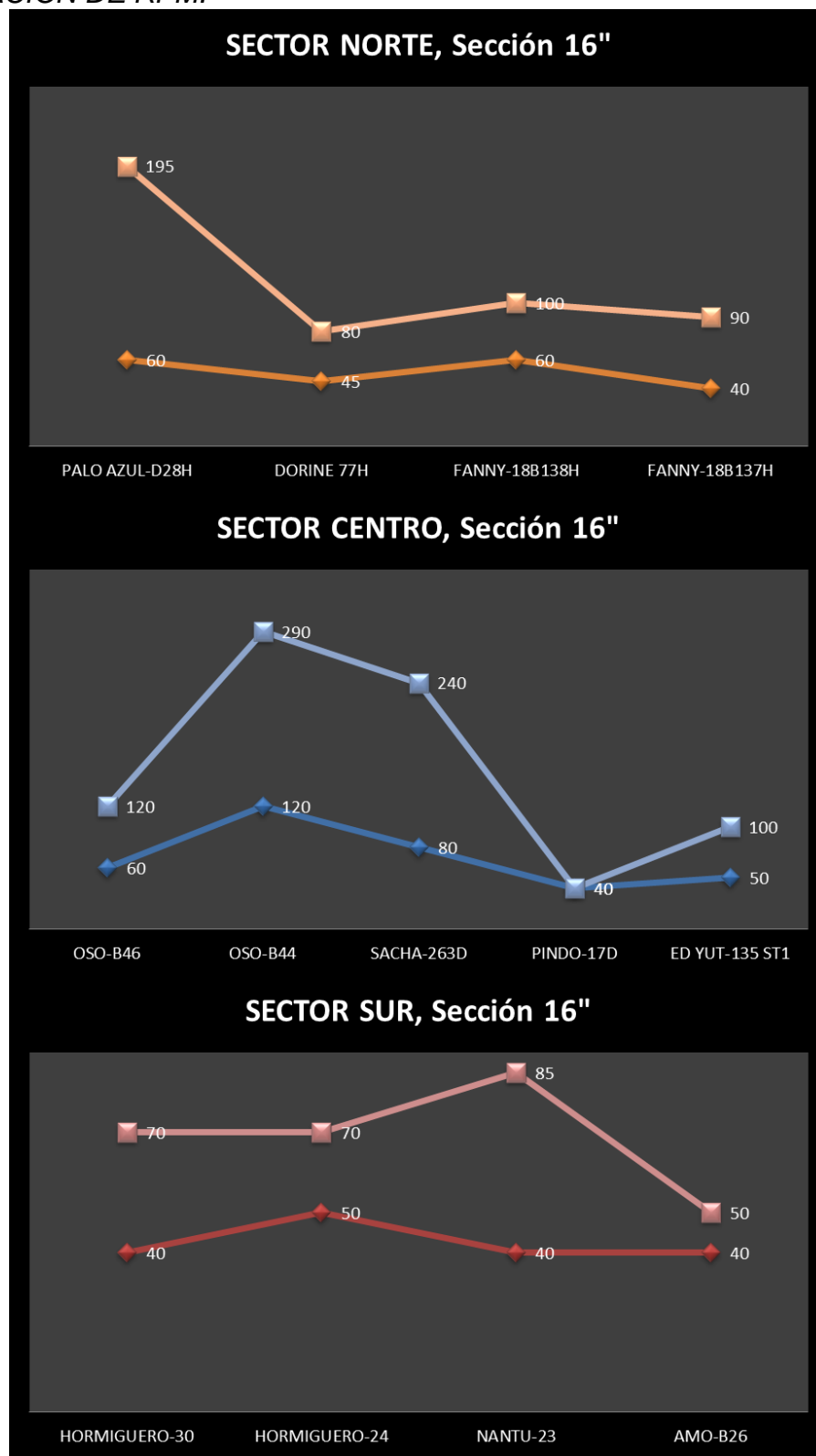
### *Análisis W-E.*

En los sectores Norte, Centro y Sur de la Cuenca, el caudal de las operaciones se mantiene entre los valores máximos y mínimos de las curvas.

### *Análisis de la Sección.*

En el caso del caudal en el Sector Norte se opera con un rango de 150 a 1100 gmp, el Centro oscila entre 160 y 1000 gpm y el Sur entre 200 y 1100 gpm, dando así una valor mínimo de 150 gmp y máximo de 1100 gmp en la sección de 16".

## VARIACIÓN DE RPM.



**Gráfico 4.10** Variación de RPM (W-E), Sección 16".

**Elaborado:** Autores.

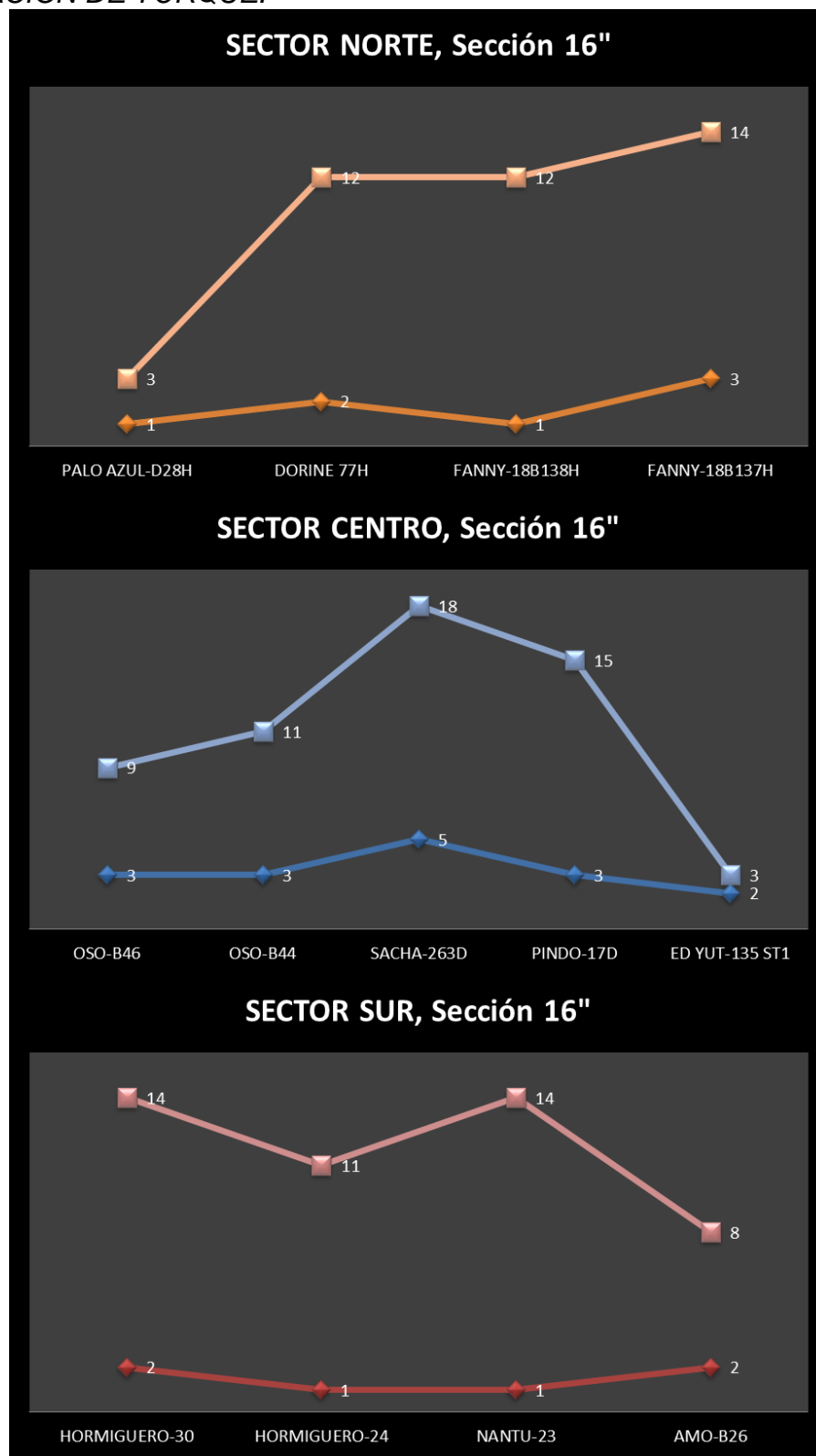
### *Análisis W-E.*

En los sectores Norte y Sur de la Cuenca, se denota que hacia el Este las RPM declinan, mientras que en el Sector Centro inicialmente las curvas muestran un incremento de las RPM y más hacia el Este tienden a disminuir.

### *Análisis de la Sección.*

Todos los sectores presentan un valor mínimo de 40 RPM, los valores máximos son respectivamente, en el Sector Norte de 195 RPM, Centro de 290 RPM y de 85 RPM en el Sur.

# VARIACIÓN DE TORQUE.



**Gráfico 4.11** Variación de Torque (W-E), Sección 16".

**Elaborado:** Autores.

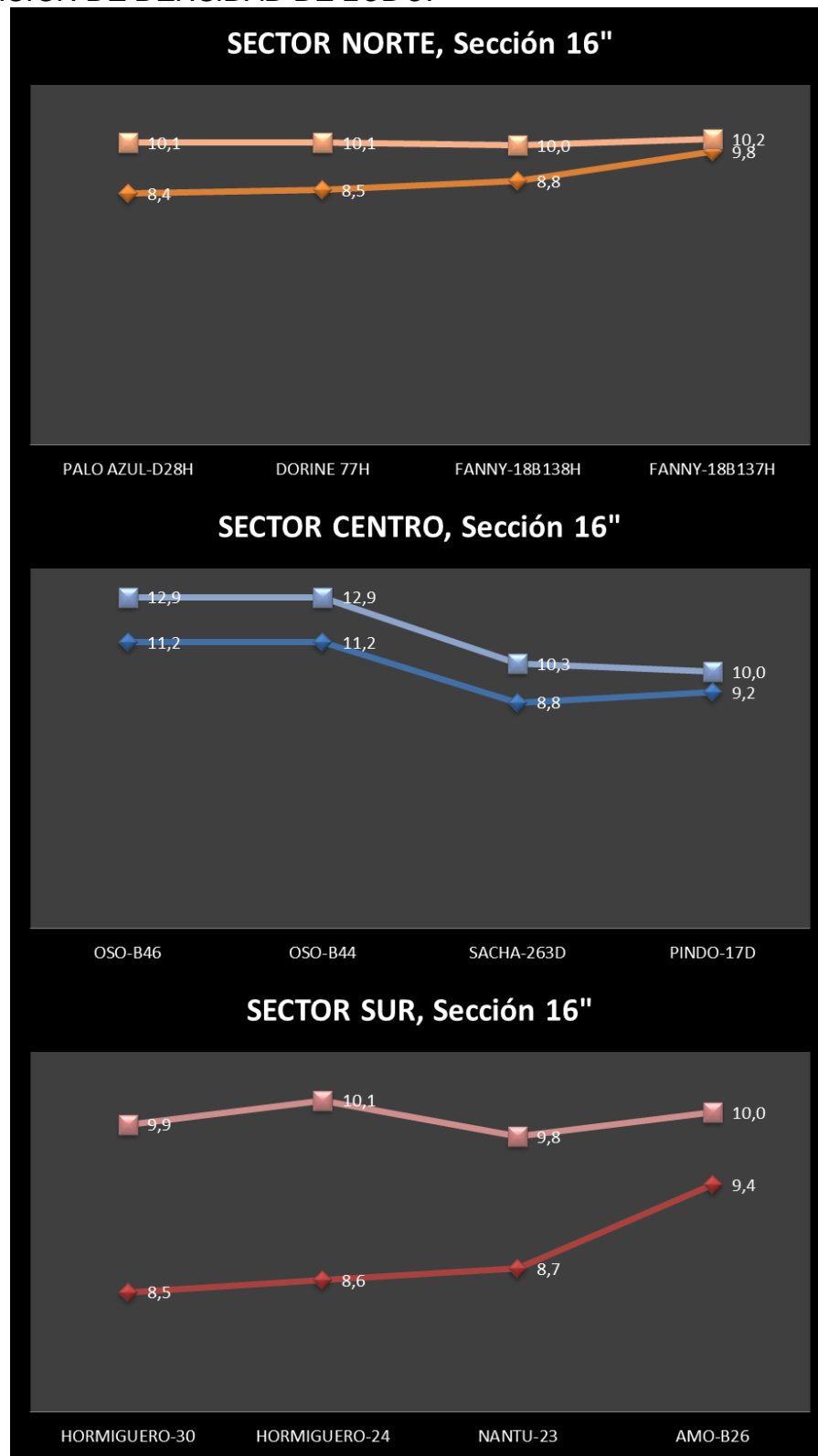
### *Análisis W-E.*

En el Sector Norte hay una clara tendencia de incremento en la dirección Oeste – Este, mientras en los sectores Centro y Sur de la Cuenca el torque tiende a disminuir conforme las operaciones se dirigen hacia el Este con la diferencia que en el Sector Centro, hay un ligero incremento al inicio de la curva.

### *Análisis de la Sección.*

Los valores de Torque tienen rangos similares de 1 a 14 (Klbs-ft) en los sectores Norte y Sur, mientras el Sector Centro opera en un rango de 2 a 18 (Klbs-ft) de Torque.

*VARIACIÓN DE DENSIDAD DE LODO.*



**Gráfico 4.12** Variación de Peso de Lodo (W-E), Sección 16".

**Elaborado:** Autores.

### *Análisis W-E.*

Se evidencia conforme se dirige hacia el Este un ligero incremento de la densidad del lodo en el Sector Norte, mientras que en el Sector Sur el incremento es más pronunciado; en el Sector Centro la densidad del lodo disminuye ligeramente en la dirección Oeste - Este.

### *Análisis de la Sección.*

Para atravesar la sección de 16 pulgadas los valores de densidad mínimos en los sectores varían entre 8.4 y 8.5, mientras los valores máximos oscilan entre 10.1 y 12.4, evidenciando que en el Sector Centro es donde se requiere una mayor densidad.

En los tres sectores, la sección de 16" presenta similitud en la magnitud de algunos parámetros y variables de perforación.

### **Análisis de la Sección de 12 ¼".**

**Cuadro 4.7** Descripción de Brocas por Sectores, Sección 12 ¼".  
**Elaborado:** Autores.

SECTOR	POZO	SECCIÓN pulgadas	BROCAS						FORMACIÓN
			TIPO	TIPO	N° SERIE	IADC	BOQUILLAS	TFA	
NORTE	PALO AZUL-D28H	12 ¼"	MSi519HSPXX	PDC	JE8745	M223	2x12+5x13	0,869	ORT/TIY/TENA
NORTE	PALO AZUL-D28H	12 ¼"	MSi519HSPX	PDC	JD8762	M223	7x14	1,052	TENA/NAPO
NORTE	PALO AZUL-D28H	12 ¼"	PROMEDIO POR SECCIÓN						ORT/NAPO
NORTE	DORINE 77H	12 ¼"	FMHX563ZR	PDC	11480672	M223	6x13-2x15	1,123	ORT/TIY
NORTE	DORINE 77H	12 ¼"	FMHX563ZR	PDC	11565490	M223	6x13-2x15	1,123	TIY
NORTE	DORINE 77H	12 ¼"	PROMEDIO POR SECCIÓN						ORT/NAPO
NORTE	FANNY-18B138H	12 ¼"	MSi519HSPX	PDC	JE-5645	M223	6x13-1x14	0,928	ORT/TIY
NORTE	FANNY-18B138H	12 ¼"	MSi519HSPX	PDC	JE-2317	M223	6x13-1x14	0,928	TIY/TENA
NORTE	FANNY-18B138H	12 ¼"	PROMEDIO POR SECCIÓN						ORT/NAPO
NORTE	FANNY-18B137H	12 ¼"	FM3563Z	PDC	11480668	M223	5x12-3x15	0,941	ORT/TIY
NORTE	FANNY-18B137H	12 ¼"	FM3563Z	PDC	11449839	M223	5x12-3x15	0,941	TIY/TENA
NORTE	FANNY-18B137H	12 ¼"	PROMEDIO POR SECCIÓN						ORT/NAPO
CENTRO	OSO-B46	12 ¼"	MSi519HSPXX	PDC	JE7529	M223	7x12	0,773	ORT/TIY/TENA/NAPO
CENTRO	OSO-B46	12 ¼"	PROMEDIO POR SECCIÓN						ORT/HOLLIN
CENTRO	OSO-B44	12 ¼"	MSi519HSPX	PDC	JD 7684	M223	7x12	0,773	ORT/TIY/TENA/NAPO
CENTRO	OSO-B44	12 ¼"	MSi619LVBPX	PDC	JD 9005	M223	6x15	1,035	NAPO/HOLLIN
CENTRO	OSO-B44	12 ¼"	PROMEDIO POR SECCIÓN						ORT/HOLLIN
CENTRO	SACHA-263D	12 ¼"	HCD605X	PDC	7304494	M323	5x13-2x14	0,9488	ORT/TIY
CENTRO	SACHA-263D	12 ¼"	HCD605ZX	PDC	7304089	M223	5x13-2x14	1,1689	TIY/TENA
CENTRO	SACHA-263D	12 ¼"	PROMEDIO POR SECCIÓN						ORT/TENA
CENTRO	PINDO-17D	12 ¼"	MDi519MHSPX	PDC	JD-8756	M223	4x14-3x13	0,99	ORT /TIY
CENTRO	PINDO-17D	12 ¼"	MSi519HSPX	PDC	JY-7592	M223	4x14-3x13	0,99	TIY/TENA
CENTRO	PINDO-17D	12 ¼"	PROMEDIO POR SECCIÓN						ORT/TENA
CENTRO	ED YUT-135 ST1	12 ¼"	MSR519M	TRIC	225550	115	3x14 2x15	0,796	TIY/TENA/NAPO
CENTRO	ED YUT-135 ST1	12 ¼"	PROMEDIO POR SECCIÓN						TIY/NAPO
SUR	HORMIGUERO-30	12 ¼"	FMHX563ZR	PDC	11572369	M323	8x14	1,203	ORT/TIY
SUR	HORMIGUERO-30	12 ¼"	PROMEDIO POR SECCIÓN						ORT/TENA
SUR	HORMIGUERO-24	12 ¼"	QD605X	PDC	7304343	M323	7x14	1,052	ORT/TIY
SUR	HORMIGUERO-24	12 ¼"	MXL-CS20DX1	TRIC	6054157	517	3x22-1x16	1,310	TIY
SUR	HORMIGUERO-24	12 ¼"	PROMEDIO POR SECCIÓN						ORT/TENA
SUR	NANTU-23	12 ¼"	FMHX563ZR	PDC	11487050	M223	8x13	1,037	ORT/TIY
SUR	NANTU-23	12 ¼"	PROMEDIO POR SECCIÓN						ORT/TIY



Para perforar la Sección Intermedia de 12 ¼" en los pozos del Sector Norte, se utiliza un TFA entre 0,869 y 1,123 pulgadas cuadradas, en el Sector Centro se emplea un TFA entre 0,773 y 1,1689 pulgadas cuadradas y en el Sector Sur se emplea un TFA entre 1,052 y 1,310 pulgadas cuadradas.

Dentro de esta sección el Casing se asienta con mayor regularidad en la formación Napo para el Sector Norte, en el Sector Centro se asienta en las formaciones Tena, Napo y Hollín dependiendo del intervalo que se pretenda disparar, y en el Sector Sur se asienta con mayor frecuencia en las formaciones Tena y Tiyuyacu, dependiendo del caso y del diseño del Pozo.

La broca más usada en la sección de 12 ¼" es la de tipo PDC y como caso particular se utiliza la de tipo Tricónica para atravesar la formación de conglomerados Tiyuyacu.

**Cuadro 4.8** Variación de Parámetros, Sección 12 ¼".  
**Elaborado:** Autores.

SECTOR	POZO	CONFIGURACIÓN	SECCIÓN pulgadas	CAUDAL (gpm)	WOB (Klbs)	RPM	TORQUE (Klbs-ft)	LODO (ppg)
NORTE	PALO AZUL-D28H	HORIZONTAL	12 ½"	700 880	4 30	131 220	8 24	9,6 10,2
NORTE	DORINE 77H	HORIZONTAL	12 ½"	690 880	6 35	30 100	13 20	10,0 10,2
NORTE	FANNY-18B138H	HORIZONTAL	12 ½"	650 880	5 40	80 120	10 22	9,6 10,0
NORTE	FANNY-18B137H	HORIZONTAL	12 ½"	760 850	10 58	45 110	11 21	9,8 10,5
PROMEDIO POR SECTOR				650 880	4 58	30 220	8 24	9,6 10,5
CENTRO	OSO-B46	DIRECCIONAL "S"	12 ½"	650 880	15 30	179 230	8 15	10,3 10,9
CENTRO	OSO-B44	DIRECCIONAL "J"	12 ½"	650 880	15 25	160 230	15 18	10,3 10,9
CENTRO	SACHA-263D	DIRECCIONAL "S"	12 ½"	780 860	6 30	251 269	18 24	9,9 10,1
CENTRO	PINDO-17D	DIRECCIONAL "J"	12 ½"	820 850	5 30	100 220	8 17	9,8 10,0
CENTRO	ED YUT-135 ST1	SIDE TRACK H	12 ½"	650 900	5 48	40 85	0 0	9,7 9,8
PROMEDIO POR SECTOR				650 900	5 48	40 269	8 24	9,7 10,9
SUR	HORMIGUERO-30	DIRECCIONAL "J"	12 ½"	600 850	8 40	40 85	12 20	9,8 10,0
SUR	HORMIGUERO-24	DIRECCIONAL "J"	12 ½"	820 905	4 38	40 60	12 24	9,8 10,0
SUR	NANTU-23	DIRECCIONAL "S"	12 ½"	550 850	8 30	40 90	16 25	10,0 10,0
PROMEDIO POR SECTOR				550 905	4 40	40 90	12 25	9,8 10,0

En esta Sección se atraviesa las formaciones Orteguaza constituida por secuencias de arcillas con intercalaciones de lutita, la formación Tiyuyacu compuesta por arcillas arenosas y dos conglomerados de chert de grandes espesores (abrasivos) y la formación tena que es una secuencia de arcilla (alta plasticidad) con intercalaciones de limolita.

**Cuadro 4.9** Variación de ROP, Sección 12 ¼".  
**Elaborado:** Autores.

SECTOR	POZO	CONFIGURACIÓN	SECCIÓN pulgadas	TFA	HORAS PROMEDIA	ROP PROMEDIA (pies/hora)
NORTE	PALO AZUL-D28H	HORIZONTAL	12 ¼"	0,869	49	50,20
NORTE	PALO AZUL-D28H	HORIZONTAL	12 ¼"	1,052	80,5	38,40
NORTE	DORINE 77H	HORIZONTAL	12 ¼"	1,123	30	35,80
NORTE	FANNY-18B138H	HORIZONTAL	12 ¼"	0,928	33	37,36
NORTE	FANNY-18B138H	HORIZONTAL	12 ¼"	0,928	24	50,46
NORTE	FANNY-18B137H	HORIZONTAL	12 ¼"	0,941	37,5	60,83
NORTE	FANNY-18B137H	HORIZONTAL	12 ¼"	0,941	26,5	57,85
NORTE	FANNY-18B147	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	0,91	36,5	116,33
NORTE	FANNY-18B147	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	0,99	32,5	72,58
NORTE	MARIANN-32	DIRECCIONAL "S"	12 ¼"	1,052	53,5	106,21
NORTE	MARIANN-35	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	0,907	42	88,02

**64,91**

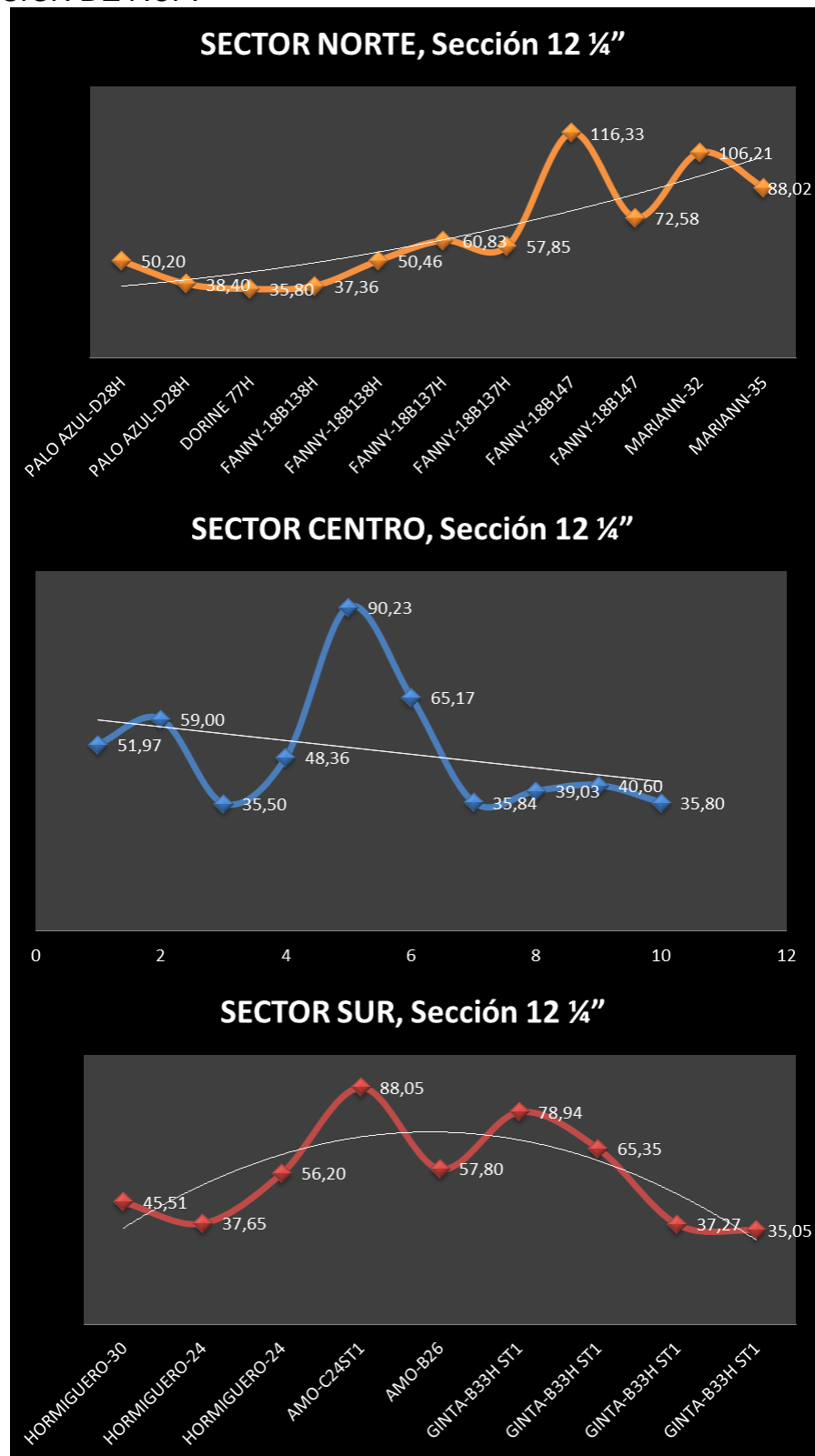
CENTRO	OSO-B46	DIRECCIONAL "S"	12 ¼"	0,773	64	51,97
CENTRO	OSO-B44	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	0,773	60	59,00
CENTRO	OSO-B44	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	1,035	31	35,50
CENTRO	PUMA-10	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	0,907	25	48,36
CENTRO	PUMA-10	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	1,207	53,83	90,23
CENTRO	PUMA-13	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	0,907	109,57	65,17
CENTRO	SACHA-263D	DIRECCIONAL "S"	12 ¼"	0,9488	32,42	35,84
CENTRO	SACHA-263D	DIRECCIONAL "S"	12 ¼"	1,1689	50,27	39,03
CENTRO	PINDO-17D	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	0,99	30	40,60
CENTRO	ED YUT-135 ST1	SIDE TRACK H	12 ¼"	0,796	61	35,80

**50,15**

SUR	HORMIGUERO-30	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	1,203	24,5	45,51
SUR	HORMIGUERO-24	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	1,052	37,00	37,65
SUR	HORMIGUERO-24	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	1,310	20,50	56,20
SUR	AMO-C24ST1	SIDE TRACK H	12 ¼"	1,119	56,75	88,05
SUR	AMO-B26	DIRECCIONAL "J"	12 ¼"	1,052	89,53	57,80
SUR	GINTA-B33H ST1	SIDE TRACK H	12 ¼"	1,035	35	78,94
SUR	GINTA-B33H ST1	SIDE TRACK H	12 ¼" ST1	1,011	35,5	65,35
SUR	GINTA-B33H ST1	SIDE TRACK H	12 ¼" ST1	1,052	31,5	37,27
SUR	GINTA-B33H ST1	SIDE TRACK H	12 ¼" ST1	1,078	31,5	35,05

**55,76**

## VARIACIÓN DE ROP.



**Gráfico 4.13** Variación de ROP (W-E), Sección 12 ¼".

**Elaborado:** Autores.

### *Análisis W-E.*

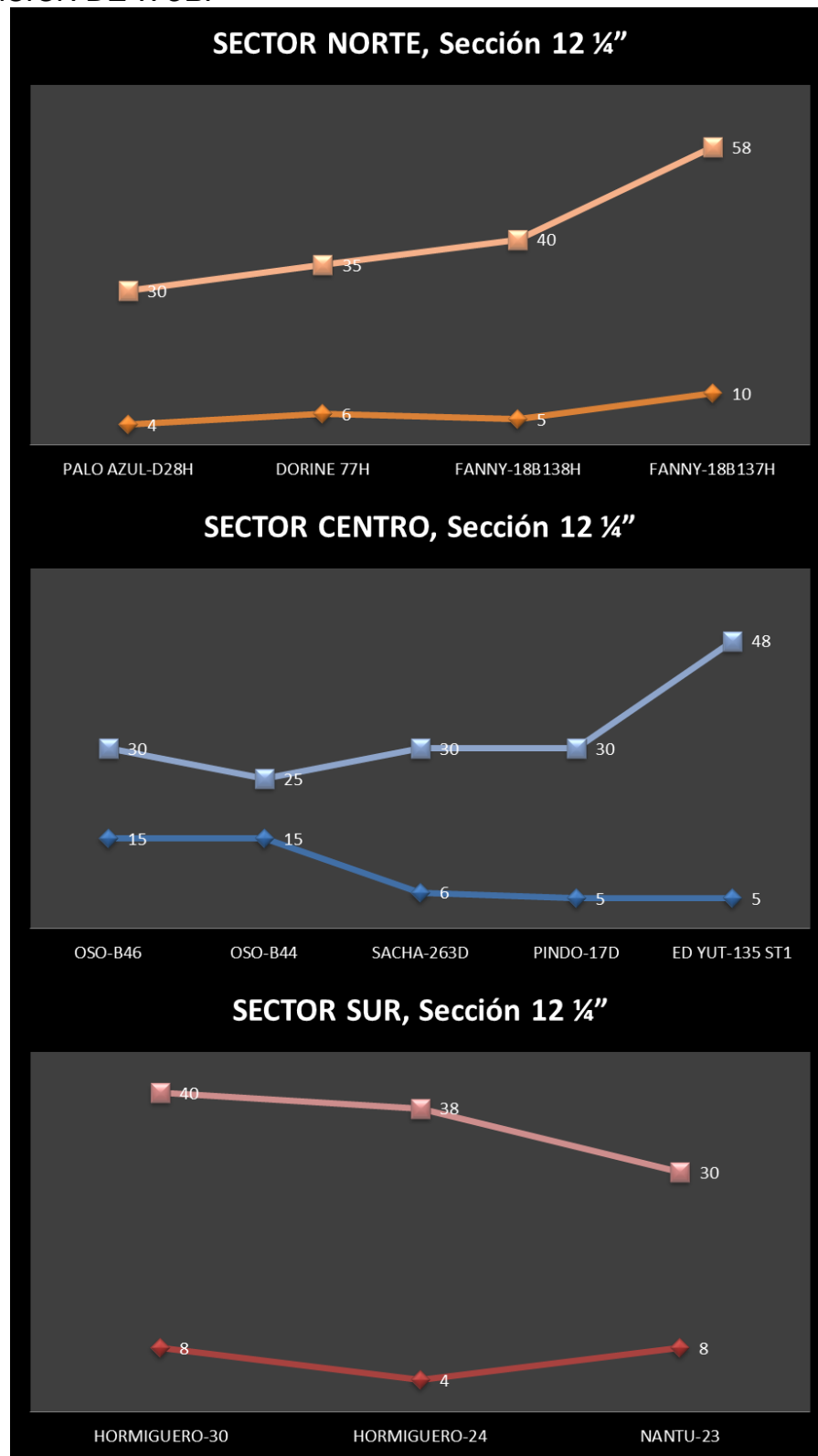
En esta Sección Intermedia de los pozos estudiados muestran una tendencia de aumento de la ROP en el Sector Norte, en los Sector Centro los valores de ROP de los pozos exhiben una tendencia de disminución hacia el Este de la Cuenca y en el Sector Sur la tendencia de la ROP presente un aumento hacia el Centro de la Cuenca y desde este punto hacia el Este los valores declinan.

### *Análisis de la Sección.*

Se obtuvo los valores promedios de cada Sector, así el Sector Norte opera en promedio con una ROP de 64,91 pies por hora, el Centro con 50,15 pies por hora y el Sur con 55,76 pies por hora. Esto denota que de Norte a Sur el comportamiento de la ROP disminuye hacia el Centro de la Cuenca y hacia el Sur los valores tienden a incrementar.

Presentándose los valores más altos de ROP en el Sector Norte de la Cuenca Oriente.

## VARIACIÓN DE WOB.



**Gráfico 4.14** Variación de WOB (W-E), Sección 12 ¼".

**Elaborado:** Autores.

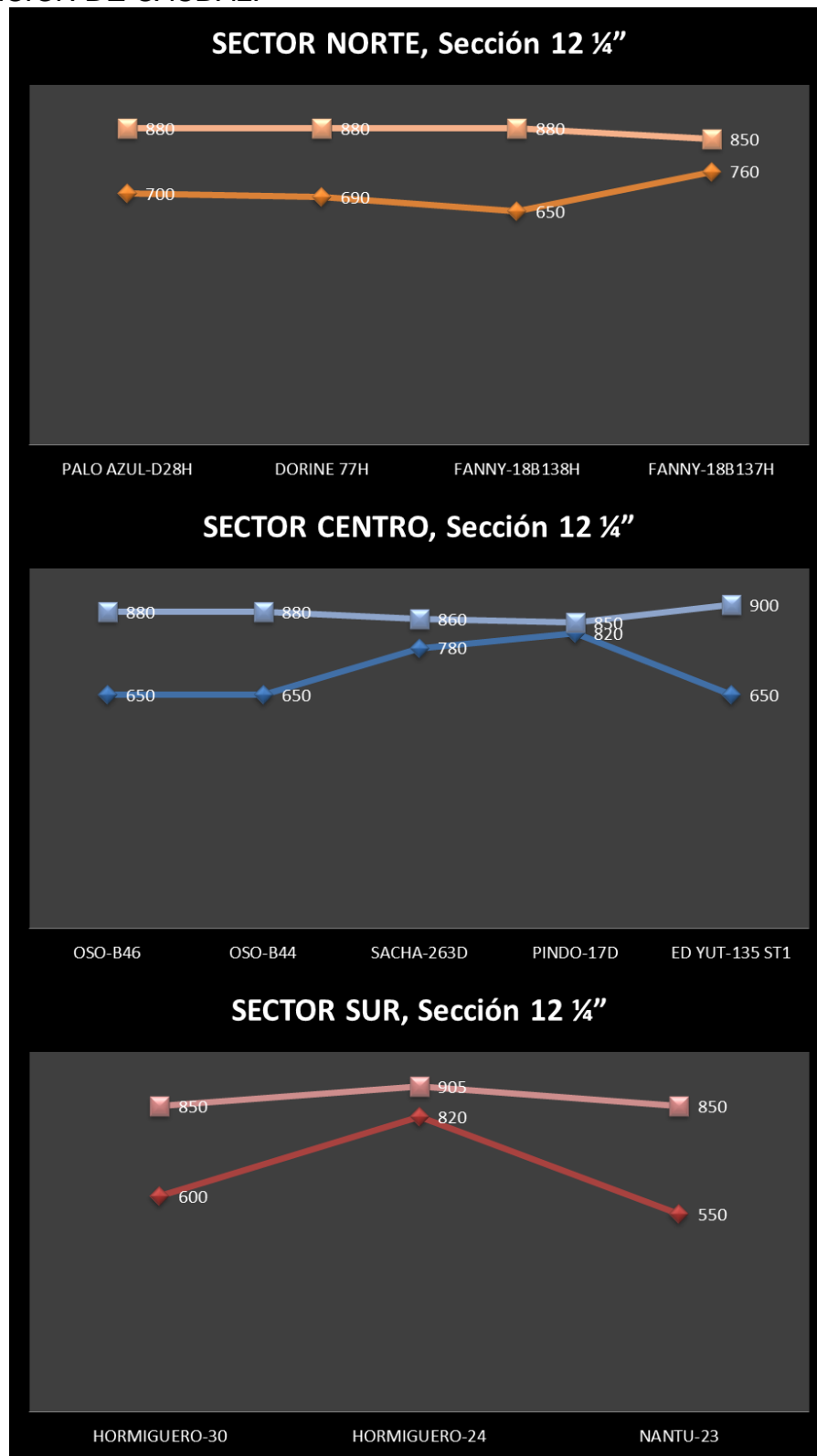
### *Análisis W-E.*

En el Sector Norte a medida que nos dirigimos al Este, el peso WOB requiere ser incrementado, en la Sector Centro el WOB hacia el Este aumenta y en la Sector Sur el peso sobre la barrena hacia el Este declina ligeramente.

### *Análisis de la Sección.*

Los rangos mínimos y máximos en cada sector oscilan en el Norte de 4 a 58 klb, Centro de 5 a 48 klb y Sur de 4 a 40 klb. Dando un mínimo por toda la sección de 12 ¼" de 4 klb y un máximo de 58 klb de peso sobre la barrena.

## VARIACIÓN DE CAUDAL.



**Gráfico 4.15** Variación de Caudal (W-E), Sección 12 ¼".

**Elaborado:** Autores.

### *Análisis W-E.*

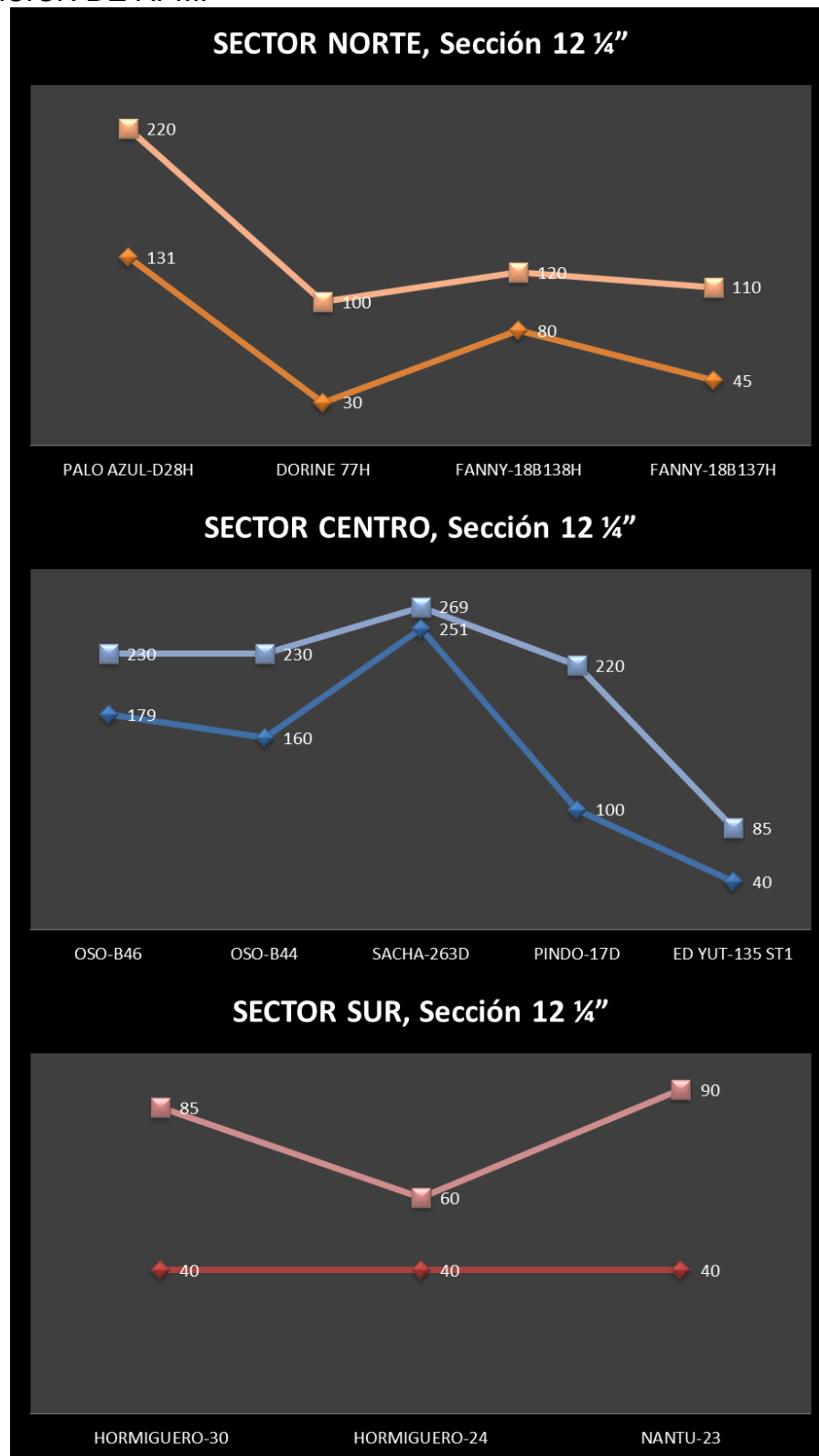
La variación del Caudal en el Sector Norte se mantendrá hacia el Este dentro del rango mínimo y máximo de 650 y 880 gpm, así también el Sector Centro el caudal variará en forma normal entre 650 y 900 gpm hacia el Este y en el Sector Sur en la dirección Este el caudal presenta una tendencia de disminución.

### *Análisis de la Sección.*

En forma general en esta sección y en los tres sectores, se operará con un caudal mínimo de 550 gpm, un máximo de 905 gpm, se nota que los sectores que manejan caudales muy parecidos son en el Norte y Centro con un rango de variación de 650 a 900 gpm.



## VARIACIÓN DE RPM.



**Gráfico 4.16** Variación de RPM (W-E), Sección 12 ¼".

**Elaborado:** Autores.

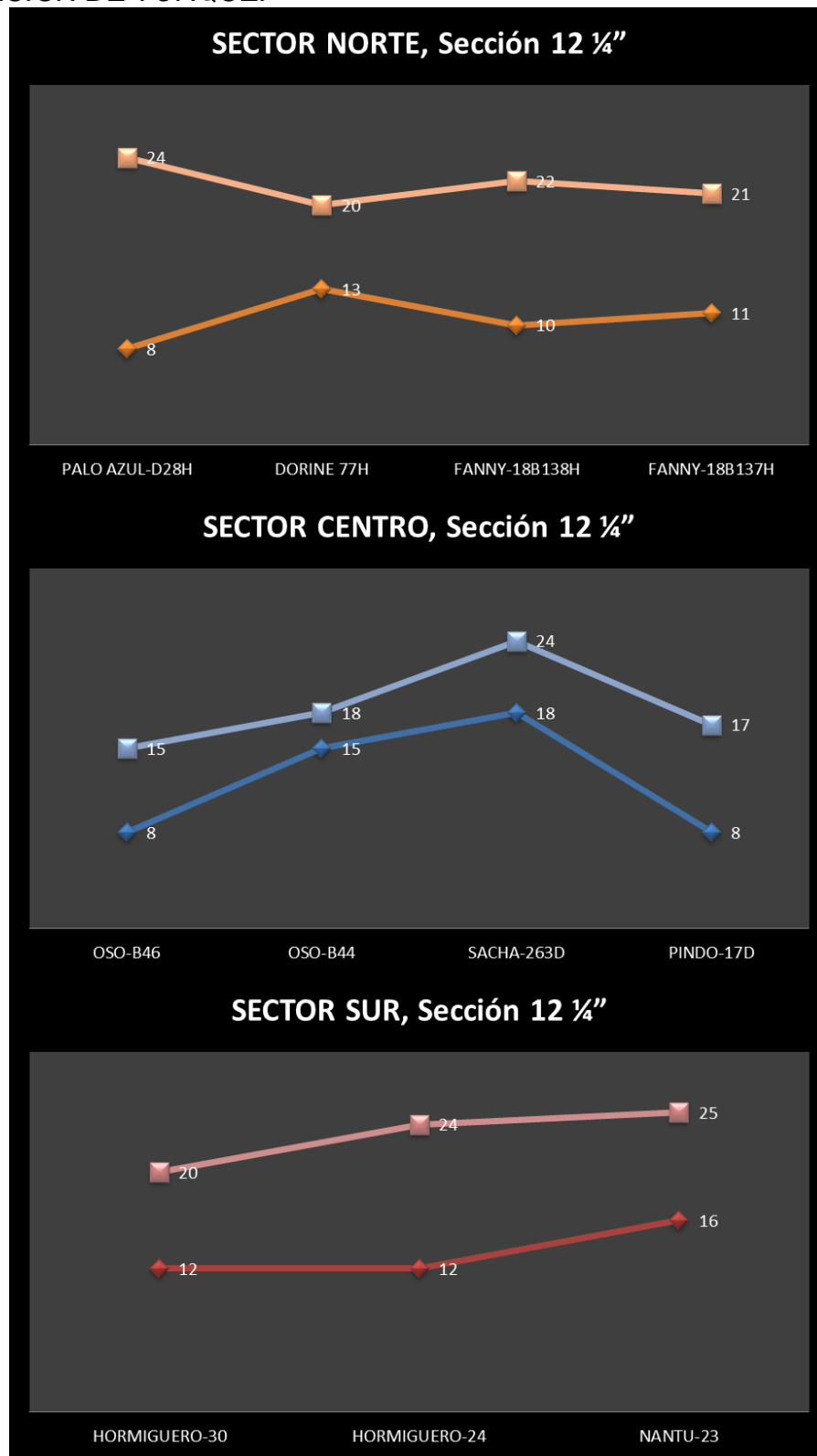
### *Análisis W-E.*

Los sectores Norte y Centro muestran una tendencia de disminución pronunciada en el Centro y ligera en el Norte, mientras las RPM en el Sur tienden a aumentar conforme se dirigen hacia el Este.

### *Análisis de la Sección.*

En la sección de 12 ¼" se opera RPM mínimos y máximos de 30 a 269 RPM, teniendo valores muy aproximados en las Secciones Norte y Centro. Donde los rpm alcanzan los valores máximos, mientras en la sección Sur se emplea valores bajos en RPM.

## VARIACIÓN DE TORQUE.



**Gráfico 4.17** Variación de Torque (W-E), Sección 12 ¼".

**Elaborado:** Autores.

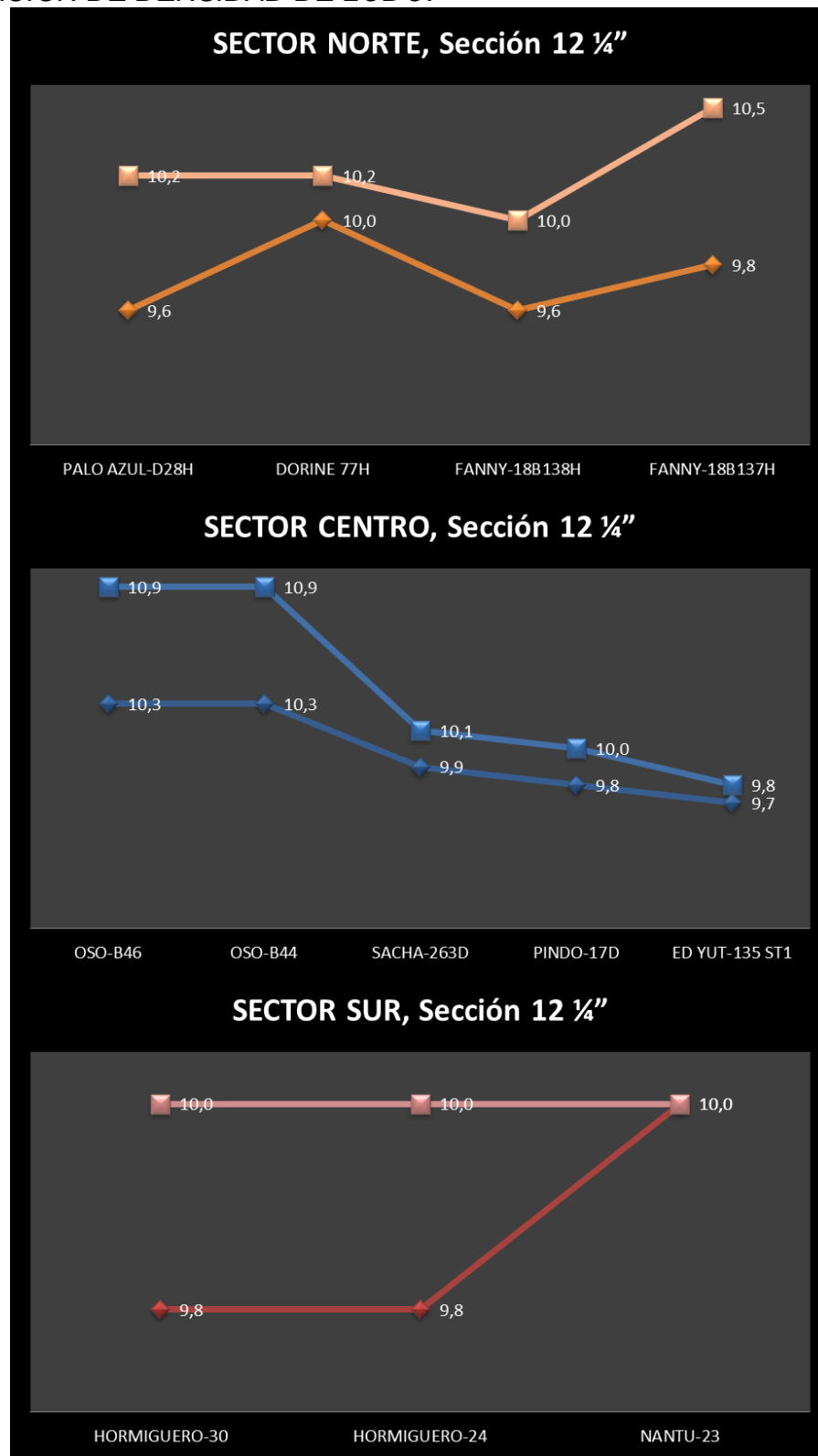
### *Análisis W-E.*

La variación del torque en la dirección Este, en el Sector Norte se mantiene entre los valores mínimos y máximos estimados de 8 a 24 Klbs-ft, en el Sector Centro el torque aumentará hasta un valor tope de 24 Klbs-ft y tenderá a declinar hacia el Este, y en la sección Sur el torque muestra una tendencia de ligero aumento hacia el Este.

### *Análisis de la Sección.*

Todos los sectores presentan valores máximos de torque muy parecidos de 24 o 25 Klbs-ft, los valores mínimos oscilan entre 8 y 12 Klbs-ft.

*VARIACIÓN DE DENSIDAD DE LODO.*



**Gráfico 4.18** Variación de Peso de Lodo (W-E), Sección 12 ¼".

**Elaborado:** Autores.

### *Análisis W-E.*

La densidad del lodo en el Sector Norte muestra una disminución inicial y una tendencia de aumento hacia el Este, así también en el Sector Sur los valores máximos de densidad se mantienen constantes, mientras los valores mínimos incrementan hacia el Este, en el Sector Centro, la tendencia de las curvas notan la disminución de la densidad conforme se dirigen las perforaciones al Este en esta sección.

### *Análisis de la Sección.*

Todos los sectores en esta sección, presentan rangos de densidad de lodo muy parecidos estableciendo como valores mínimos y máximos de densidad 9,6 a 10,9 ppg respectivamente.

## Análisis de la Sección de 8 ½".

**Cuadro 4.10** Descripción de Brocas por Sectores, Sección 8 ½".  
**Elaborado:** Autores.

SECTOR	POZO	SECCIÓN pulgadas	BROCAS						FORMACIÓN
			TIPO	TIPO	N° SERIE	IADC	BOQUILLAS	TFA	
NORTE	PALO AZUL-D28H	8 ½"	MDi619LBPX	PDC	JE5798	M222	3x12+3x13	0,72	NAPO/U/T
NORTE	PALO AZUL-D28H	8 ½"	MDi616LBPX	PDC	JD9925	M223	3x12+3x13	0,72	NAPO/HOLLIN
NORTE	PALO AZUL-D28H	8 ½"	FDS+	TRIC	PR4783	117	-	-	-
NORTE	PALO AZUL-D28H	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						NAPO/HOLLIN
NORTE	DORINE 77H	8 ½"	FXG65	PDC	11593409	M422	6x12	0,663	NAPO
NORTE	DORINE 77H	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						NAPO
NORTE	FANNY-18B147	8 ½"	RSR519M	PDC	124727	M323	-	0,84	TIY/TENA/NAPO
NORTE	FANNY-18B147	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						TIY/NAPO
NORTE	MARIANN-32	8 ½"	HC505ZX	PDC	7117799	M323	5X13	0,648	TIY/TENA/NAPO
NORTE	MARIANN-32	8 ½"	HC505ZX	PDC	7114681	M323	7X11	0,65	NAPO
NORTE	MARIANN-32	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						TIY/NAPO
NORTE	MARIANN-35	8 ½"	RSF516M	PDC	130246	M323	5x11-2x12	0,685	TIY/TENA/NAPO
NORTE	MARIANN-35	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						TIY/NAPO
CENTRO	PUMA-10	8 ½"	FMH3565ZR	PDC	11486103	M424	7x12	0,773	ORT/TIY/TENA/NAPO
CENTRO	PUMA-10	8 ½"	FMH3565ZR	PDC	11496239	M425	7x14	1,052	NAPO
CENTRO	PUMA-10	8 ½"	GX-18	TRIC	5143837	427	3x20	0,92	NAPO
CENTRO	PUMA-10	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						ORT/NAPO
CENTRO	PUMA-13	8 ½"	FMH3565ZR	PDC	11963666	M424	7x12	0,773	TENA / NAPO
CENTRO	PUMA-13	8 ½"	EBXS16S	PDC	11023884	X447	1x16-2x20	0,809	NAPO
CENTRO	PUMA-13	8 ½"	FMH3565ZR	PDC	11496239	M424	7x17	1,551	NAPO/HOLLIN
CENTRO	PUMA-13	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						TENA/HOLLIN
CENTRO	SACHA-263D	8 ½"	HCM506Z	PDC	7304588	M323	6x11	0,5568	TENA/NAPO
CENTRO	SACHA-263D	8 ½"	DBA-LC11	PDC					NAPO
CENTRO	SACHA-263D	8 ½"	HCM506Z	PDC	7304588	M323	6x11	0,5568	NAPO/HOLLIN
CENTRO	SACHA-263D	8 ½"	DBA-LC11	PDC					HOLLIN
CENTRO	SACHA-263D	8 ½"	HCM506Z	PDC	7304588	M323	6x11	0,5568	HOLLIN
CENTRO	SACHA-263D	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						TENA/HOLLIN
CENTRO	PINDO-17D	8 ½"	MDi616LBPX	PDC	JE-6785	M223	6x12	0,663	TENA/NAPO/HOLLIN
CENTRO	PINDO-17D	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						TENA/HOLLIN
CENTRO	ED YUT-135 ST1	8 ½"	RSX616M	PDC	216067	M432	6x12	0,663	NAPO
CENTRO	ED YUT-135 ST1	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						NAPO
SUR	HORMIGUERO-30	8 ½"	FMH3565ZR	PDC	11484152	M424	7x12	0,773	TENA
SUR	HORMIGUERO-30	8 ½"	FMH3565ZR	PDC	11484152	M424	7x12	0,773	TENA/NAPO/HOLLIN
SUR	HORMIGUERO-30	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						TENA/HOLLIN
SUR	AMO-C24ST1	8 ½"	HCM506Z	PDC	7303398	M323	4x12-2x11	0,627	TIY/TENA
SUR	AMO-C24ST1	8 ½"	HCM506Z	PDC	7304588	M323	6x12	0,663	TENA/NAPO
SUR	AMO-C24ST1	8 ½"	HCM506Z	PDC	7303398	M323	6x12	0,663	
SUR	AMO-C24ST1	8 ½"	GX-18	TRIC	5169865	447	3x26	1,555	
SUR	AMO-C24ST1	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						TIY/NAPO
SUR	AMO-B26	8 ½"	HCD 506Z	PDC	7128395	M323	6x12	0,663	TENA/NAPO
SUR	AMO-B26	8 ½"	PROMEDIO POR SECCIÓN						TENA/NAPO

El TFA utilizado para perforar esta sección de producción en cada uno de los sectores es, en el caso del Sector Norte, el TFA empleado varía entre los valores 0,648 y 0,84 pulgadas cuadradas, en el Sector Centro varía entre

0,5568 y 1,551 pulgadas cuadradas y en el sector se puede fluctuar entre los valores de 0,627 y 1,555 pulgadas cuadradas.

Las formaciones más frecuentes donde se asienta la tubería de revestimiento en la sección de 8 ½ "para cada sector son: en el Sector Norte se sienta en la formación Napo, dependiendo del intervalo a explotar, en los sectores Centro y Sur el asentamiento de Casing se lo hace en las formaciones Napo y Hollín, dependiendo del intervalo a producir y del diseño del Pozo.

Para los trabajos efectuados en esta sección, fue más frecuente la utilización de brocas tipo PDC con ciertas excepciones en ciertos intervalos de la formación Napo donde se emplearon brocas Tricónicas.

**Cuadro 4.11** Variación de Parámetros, Sección 8 ½".  
**Elaborado:** Autores.

SECTOR	POZO	CONFIGURACIÓN	SECCIÓN pulgadas	CAUDAL (gpm)		WOB (Klbs)		RPM		TORQUE (Klbs-ft)		LODO (ppg)	
NORTE	PALO AZUL-D28H	HORIZONTAL	8 ½"	390	490	6	30	70	187	12	24	9,0	9,0
NORTE	FANNY-18B147	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	430	520	4	20	80	40	15	22	10,0	10,0
NORTE	MARIANN-32	DIRECCIONAL "S"	8 ½"	570	570	2	24	70	136	10	18	9,8	10,0
NORTE	MARIANN-35	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	550	480	2	30	40	60	9	15	10,1	10,1
PROMEDIO POR SECTOR				390	570	2	30	40	187	9	24	9,0	10,1
CENTRO	PUMA-10	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	460	600	2	13	40	90	4	13	10,1	11,8
CENTRO	PUMA-13	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	350	490	4	38	102	142	1	10	10,3	11,3
CENTRO	SACHA-263D	DIRECCIONAL "S"	8 ½"	180	450	4	22	60	209	16	22	9,8	10,4
CENTRO	PINDO-17D	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	500	580	3	26	210	210	13	16	10,7	10,7
CENTRO	ED YUT-135 ST1	SIDE TRACK H	8 ½"	400	550	10	35	80	125	0	0	9,6	9,6
PROMEDIO POR SECTOR				180	600	2	38	40	210	1	22	9,6	11,8
SUR	HORMIGUERO-30	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	500	600	8	28	45	75	15	21	10,0	10,2
SUR	AMO-C24ST1	SIDE TRACK H	8 ½"	580	580	6	25	70	162	18	26	9,6	10,1
SUR	AMO-B26	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	550	550	2	15	40	80	15	29	10,1	10,1
PROMEDIO POR SECTOR				500	600	2	28	40	162	15	29	9,6	10,2

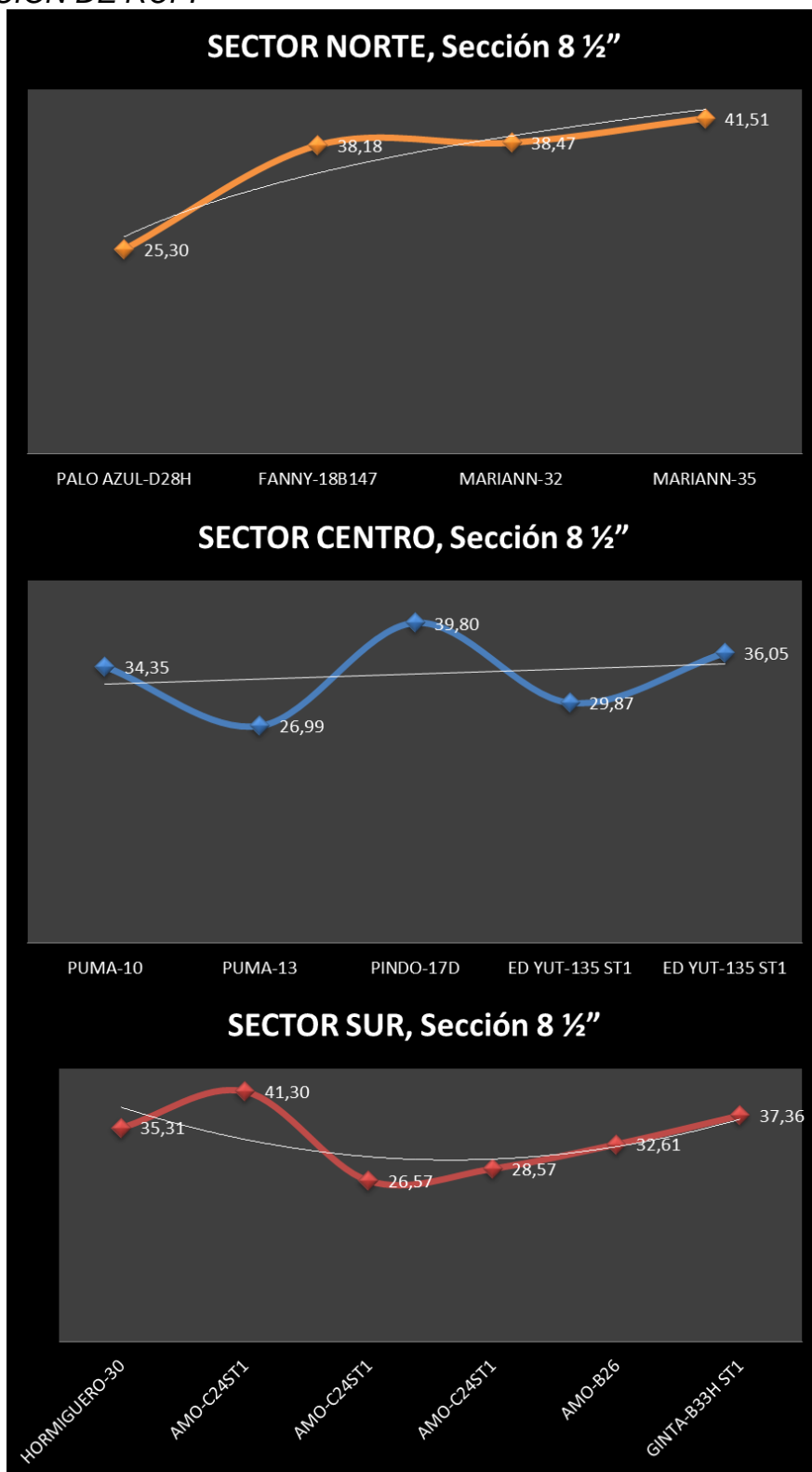


La sección de 8 1/2" atraviesa las formaciones Napo con intercalaciones sucesivas de calizas (alta compresibilidad), areniscas cuarzosas (alta abrasividad), lutitas y la formación Hollín conformada por areniscas (abrasivas de alta compresibilidad) con intercalaciones de limolita.

**Cuadro 4.12** Variación de ROP, Sección 8 1/2".  
**Elaborado:** Autores.

SECTOR	POZO	CONFIGURACIÓN	SECCIÓN pulgadas	TFA	HORAS PROMEDIA	ROP PROMEDIA (pies/hora)
NORTE	PALO AZUL-D28H	HORIZONTAL	8 ½"	0,72	43,5	25,30
NORTE	FANNY-18B147	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	0,84	78	38,18
NORTE	MARIANN-32	DIRECCIONAL "S"	8 ½"	0,648	30,8	38,47
NORTE	MARIANN-35	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	0,685	49	41,51
						<b>35,87</b>
CENTRO	PUMA-10	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	0,773	94,15	34,35
CENTRO	PUMA-13	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	0,773	104,28	26,99
CENTRO	PINDO-17D	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	0,663	48,5	39,80
CENTRO	ED YUT-135 ST1	SIDE TRACK H	8 ½"	0,663	60	29,87
CENTRO	ED YUT-135 ST1	SIDE TRACK H	8 ½" ST1	0,663	56	36,05
						<b>33,41</b>
SUR	HORMIGUERO-30	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	0,773	55	35,31
SUR	AMO-C24ST1	SIDE TRACK H	8 ½"	0,627	37,72	41,30
SUR	AMO-C24ST1	SIDE TRACK H	8 ½"	0,663	62,92	26,57
SUR	AMO-C24ST1	SIDE TRACK H	8 ½" ST1	0,663	47,68	28,57
SUR	AMO-B26	DIRECCIONAL "J"	8 ½"	0,663	52,72	32,61
SUR	GINTA-B33H ST1	SIDE TRACK H	8 ½" ST1	0,61	40,5	37,36
						<b>33,62</b>

## VARIACIÓN DE ROP.



**Gráfico 4.19** Variación de ROP (W-E), Sección 8 ½".

**Elaborado:** Autores.

### *Análisis W-E.*

La sección de 8 ½" del sector norte, exhibe un aumento de la ROP conforme los pozos se dirigen hacia el Este, en el caso del Sector Sur la ROP desde el Oeste hacia el Centro decrece, mientras hacia el Este la ROP cambia de tendencia y aumenta, en el Sector Centro las ROP de los pozos generan una tendencia de ligero incremento hacia el Este.

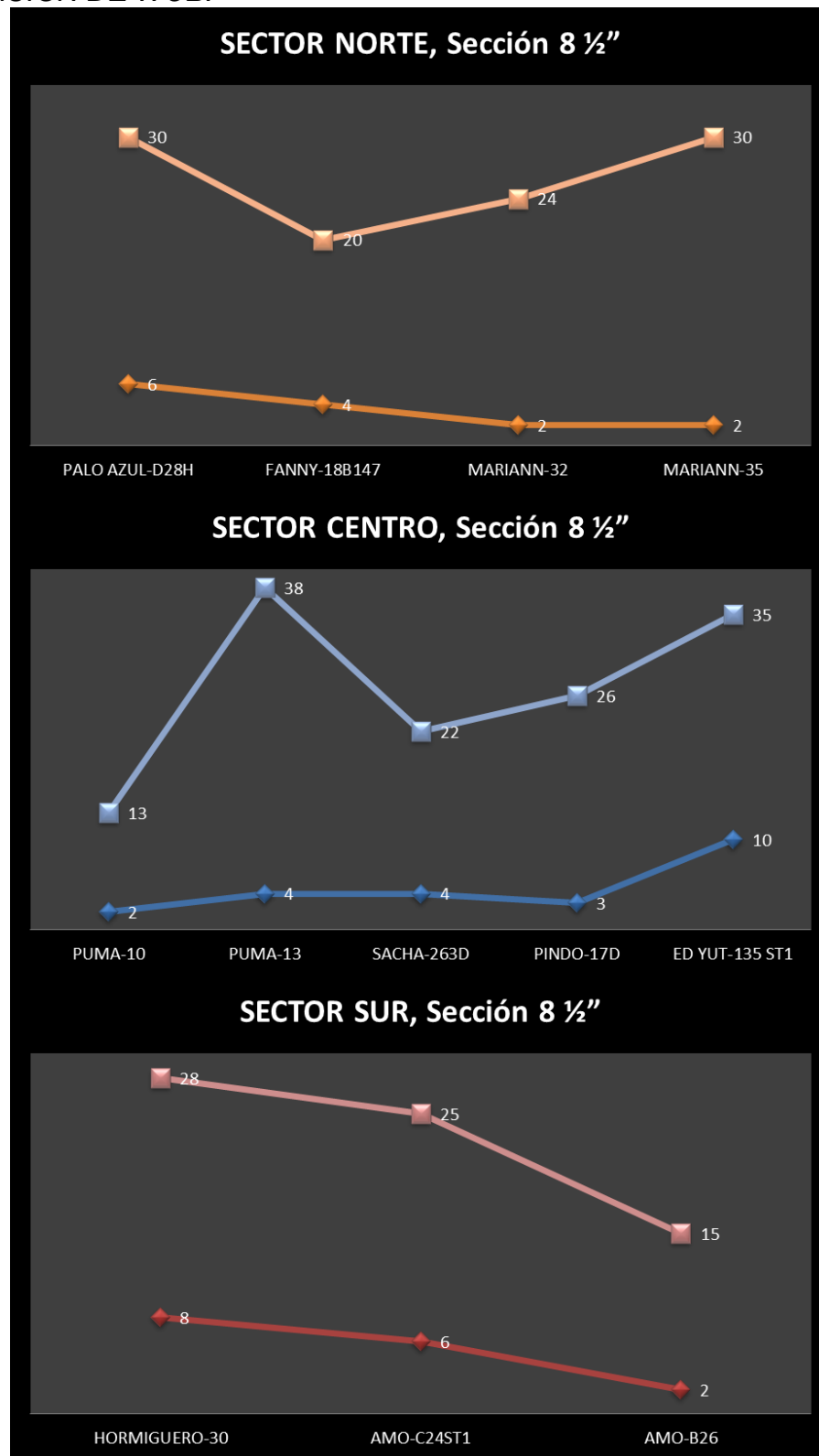
### *Análisis de la Sección.*

En esta sección se establece los promedios de ROP por cada sector, así en el Sector Norte en promedio se emplea una ROP de 35,87 pies por hora, mientras en el Centro y Sur se emplean Ratas de penetración de 33,41 y 33,62 pies por hora respectivamente.

Los promedios generales en cada Sector permiten visualizar la variación de ROP en la dirección Norte Sur, así se detectó la disminución de la rata de penetración en la dirección Sur en la sección de 8 1/2 “.

Cabe resaltar que el sector que permite mayores ratas de penetración para esta sección, es el Sector Norte.

## VARIACIÓN DE WOB.



**Gráfico 4.20** Variación de WOB (W-E), Sección 8 ½".

**Elaborado:** Autores.

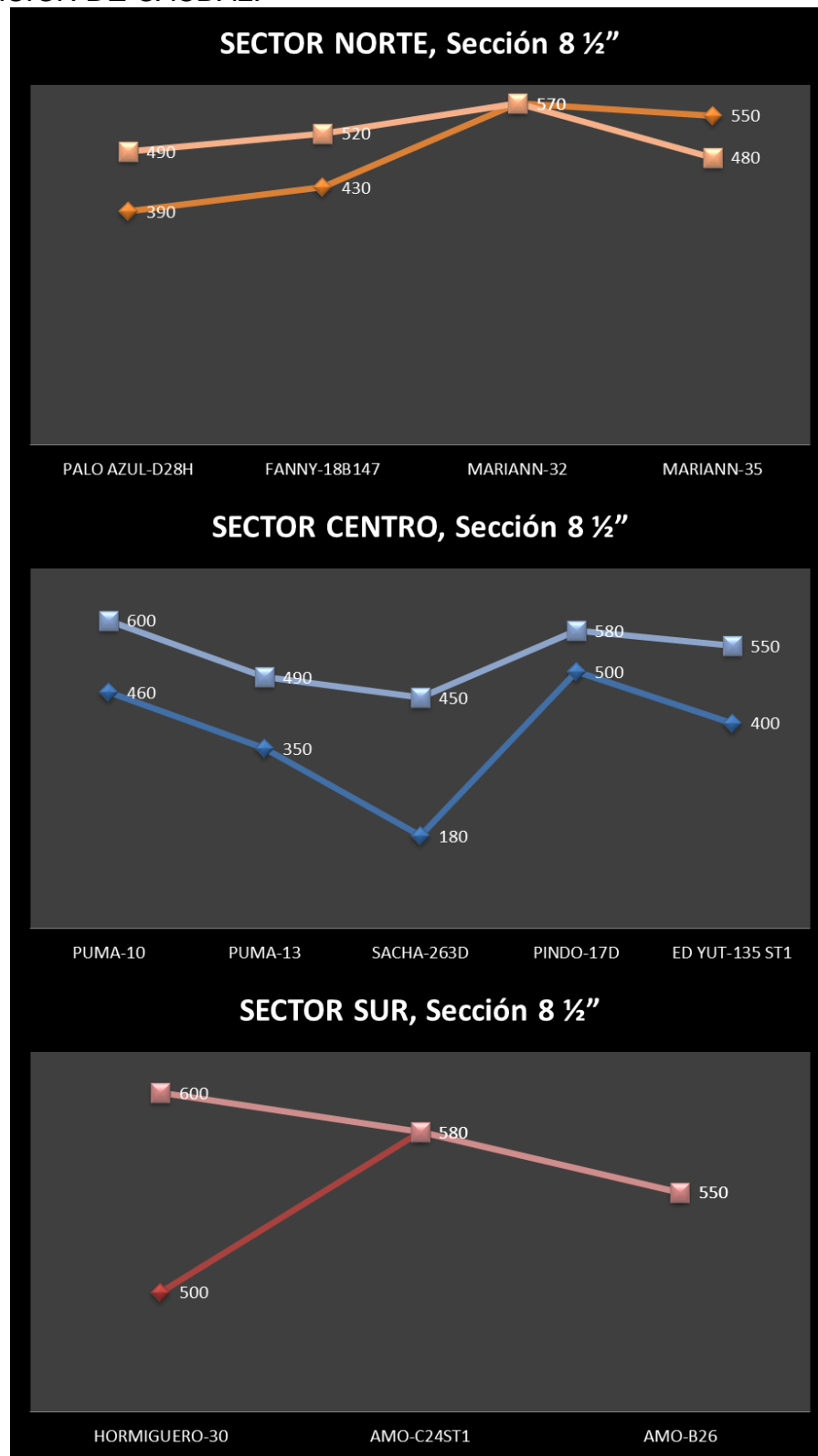
#### *Análisis W-E.*

En el Sector Norte, a medida que se dirige la tendencia al Este el WOB declina ligeramente, en el Sector Centro el WOB de Oeste a Este incrementa, y en el Sector Sur el peso sobre la barrena hacia el Este declina

#### *Análisis de la Sección.*

En forma general se establece un WOB máximo y mínimo de 2 y 38 klb respectivamente, operando en rangos similares los sectores Centro y Sur en esta sección de producción.

*VARIACIÓN DE CAUDAL.*



**Gráfico 4.21** Variación de Caudal (W-E), Sección 8 ½".

**Elaborado:** Autores.

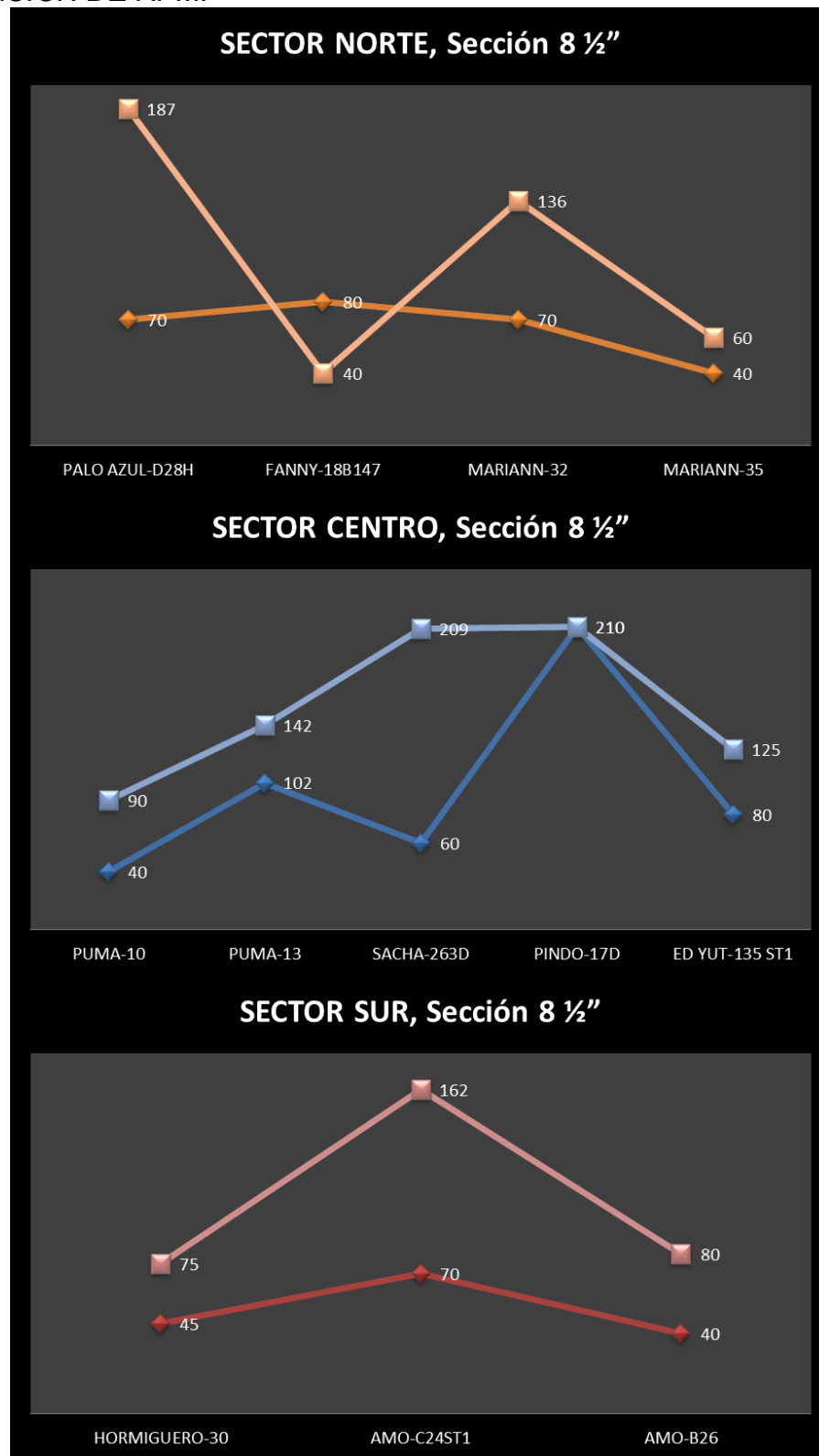
### *Análisis W-E.*

Para el caudal en el Sector Norte se nota un ligero incremento en la dirección Este, mientras la tendencia en los sectores Centro y Sur tienden a disminuir.

### *Análisis de la Sección.*

Los diferentes sectores operan con rangos distintos de caudales así en el Sector Norte el caudal varía entre 390 y 570 gpm, en el Sector Centro entre 180 y 600 gpm, y en el Sector Sur entre 500 y 600 gpm.

VARIACIÓN DE RPM.



**Gráfico 4.22** Variación de RPM (W-E), Sección 8 ½".

**Elaborado:** Autores.



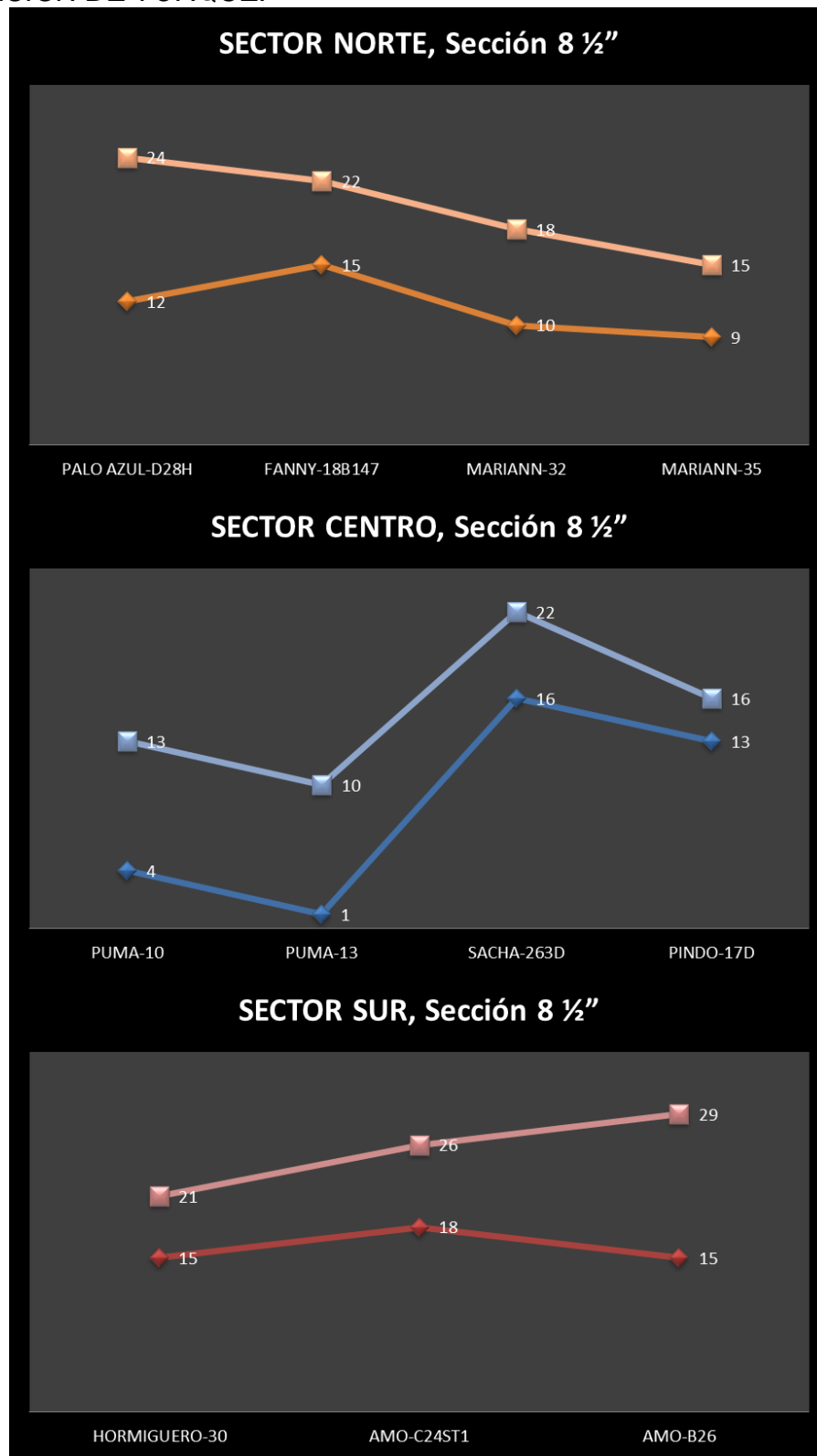
### *Análisis W-E.*

Las revoluciones por minuto en la dirección Este tienden a disminuir en el Sector Norte, mientras en el Sector Centro y Sur, al inicio de la tendencia muestran un aumento y más hacia el Este disminuyen.

### *Análisis de la Sección.*

En todos en todos los sectores se aprecia como valor mínimo de RPM 40, los valores máximos de rpm en el Norte de 189, en el Centro de 210 y en el Sur de 162.

# VARIACIÓN DE TORQUE.



**Gráfico 4.23** Variación de Torque (W-E), Sección 8 ½".  
**Elaborado:** Autores.

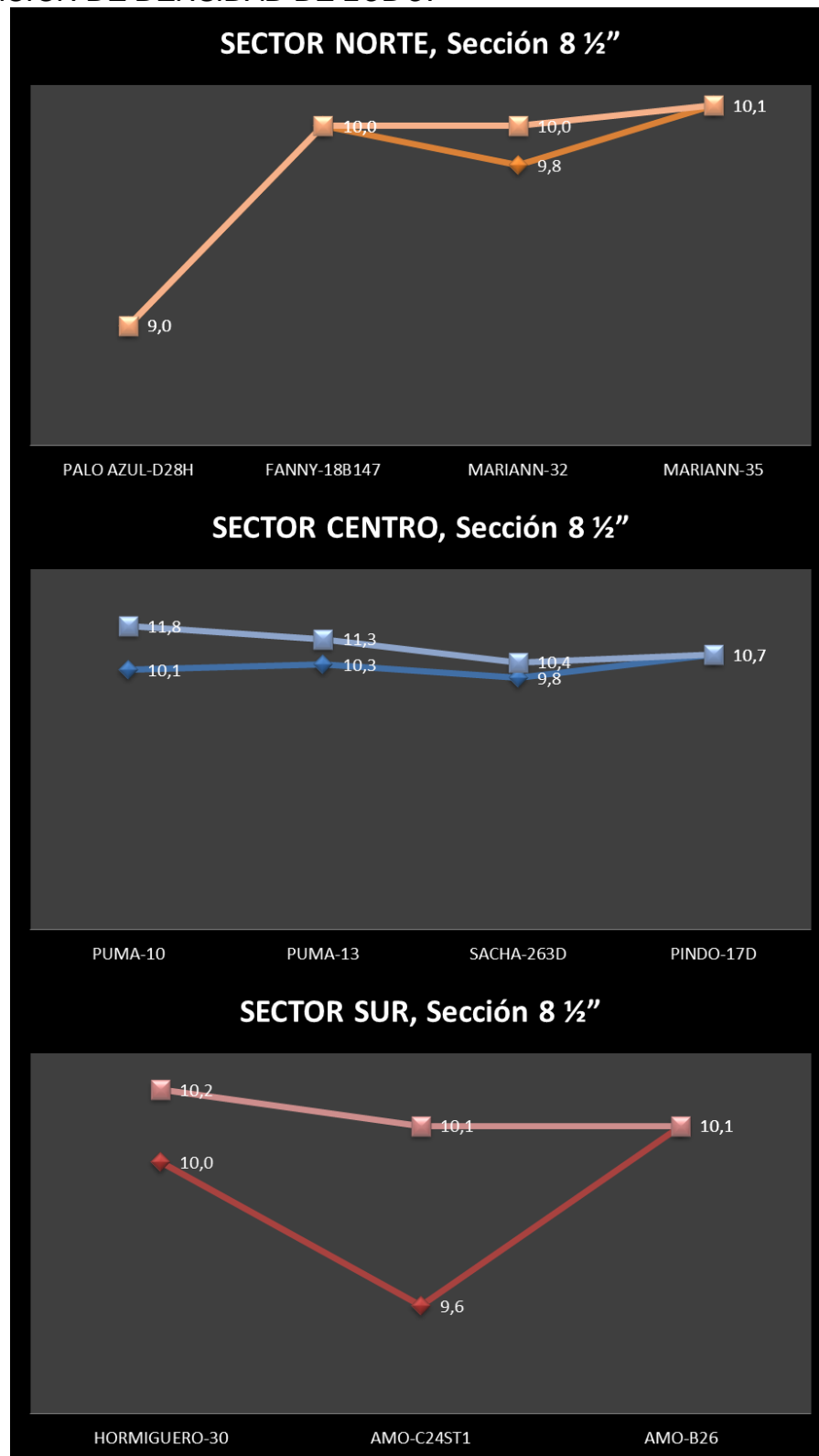
#### *Análisis W-E.*

El torque en el Sector Norte, presenta una disminución conforme se dirige hacia el Este, en el Sector Centro las curvas presentan altos y bajos en sus tendencias y en la parte final hacia el Este el Torque declina, y en el Sector Sur se observa que la tendencia de las curvas generan un leve aumento de los valores de torque.

#### *Análisis de la Sección.*

El Sector Norte el torque varía entre 9 y 24 Klbs-ft, el Sector Centro entre 1 y 22 Klbs-ft y el Sector Sur entre 15 y 29 Klbs-ft.

*VARIACIÓN DE DENSIDAD DE LODO.*



**Gráfico 4.24** Variación de Peso de Lodo (W-E), Sección 8 ½".

**Elaborado:** Autores.

### *Análisis W-E.*

Hacia el Este la densidad del lodo en el Sector Norte presenta un ligero incremento tendiendo a ser constante entre 9,8 y 10 ppg, en el Sector Centro en la dirección Este la tendencia de las densidades se mantendrán entre los valores máximos y mínimos de 9 y 10, y en el Sector Sur, las densidades del lodo en esta dirección declinarán entre 9,6 y 10 ppg.

### *Análisis de la Sección.*

En todos los sectores se evidencia que la densidad del lodo en promedio varía de 9 a 10 ppg, el caso más extremo de densidad se presenta en el Sector Centro donde se llegó a emplear un lodo de 11,8 ppg.

## **RESULTADOS.**

La utilidad de establecer los rangos apropiados de operación en los parámetros y variables de perforación, es que permite prever el diseño del BHA necesario y en consecuencia obtener altos ROP al perforar

Al estudiar los parámetros y variables como ROP, WOB, Caudal, se pudo notar que los valores en los pozos más eficientes fluctúan entre rangos de operación mínimo y máximo, para ello las operaciones de perforación no deben salirse de esos límites permisibles ya que al hacerlo, la eficiencia en tiempo, ROP y costos se ven afectadas.

De esta manera se notó la influencia de la variación litológica en la selección de los parámetros y variables más adecuados y así establecer los rangos óptimos de operación para efectuar operaciones futuras en cualquier sector de la Cuenca Oriente.

### **OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y VARIABLES DE PERFORACIÓN PARA CADA SECCIÓN EN ESTUDIO.**

A continuación se detallan por cada sector las condiciones utilizadas en las operaciones, y que de acuerdo al análisis son las más apropiadas para perforar cada sección de los pozos, los resultados fueron obtenidos de comparar los tiempos de operación, las ROP y la potencia de los intervalos geológicos, tomándose los resultados de los mejores pozos.

Las brocas que se detallan en cada cuadro son aquellas que fueron corridas en las diferentes operaciones y pueden ser acogidas para futuros trabajos bajo condiciones similares; así se detalla el tipo de broca con su respectivo código IADC más eficiente, en cada sección y sector analizado.

Para decidir asentar la tubería de revestimiento se toma en cuenta diversos factores entre ellos las características de las formaciones (dureza compresibilidad) para soportar el peso de la tubería, así como la

configuración del pozo y tipo de mecanismo de producción; además una característica fundamental de la tubería de revestimiento superficial e intermedia es el no asentarlas en formaciones poco compactas como areniscas y arcillas, que no sustentan el peso de los revestimientos o generan pérdidas de fluido.

### **Sector Norte.**

Este resumen de los parámetros y variables más adecuados, es el resultado final de la comparación de los pozos con mayor rendimiento en la perforación del Sector Norte. Se muestran los rangos de caudal, ROP, WOB, Torque, peso de lodo; y características de las brocas utilizadas, así como las formaciones que con mayor frecuencia se asienta la tubería de revestimiento.

En la Cuadro 4.13 se detalla las características de las brocas corridas, las cuales se pueden asumir como referentes en futuras operaciones en las diferentes secciones del Sector Norte.

**Cuadro 4.13** Parámetros y Variables de Perforación Óptimos en el Sector Norte de la Cuenca Oriente.

**Elaborado:** Autores.

SECCIÓN pulgadas	CAUDAL (gpm)	ROP PROMEDIA (pies/hora)	WOB (Klbs)	RPM	TORQUE (lbs-ft)	LODO (ppg)	ASENTAMIENTO DE CASING	BROCA	TIPO	IADC	TFA
16"	150 1100	60 <b>87</b> 108	2 30	40 195	1 14	8,4 10,2	ORT (4817-5646)TVD	PDC	FS2563Z FX56S SDI519MHPX	S123 S123 S123	0,96 1,10
12 ½"	650 880	36 <b>65</b> 116	4 58	30 220	8 24	9,6 10,5	TIY CGL INF (6017-6282)TVD NAPO CALIZA A (7615-7698)TVD NAPO CALIZA M1 (9429-9447)TVD	PDC	FM3563Z FMHX563ZR HCR605 MSI519HSPX RSR519M	M223 M223 M323 M223 M323	0,87 1,12
8 ½"	390 570	25 <b>36</b> 42	2 30	40 187	9 24	9,0 10,1	NAPO ARENA M1 (7626-7706)TVD NAPO ARENA T SUP (8053-8672)TVD HOLLIN (9955-9825)TVD	PDC	HC505ZX MDI616LBPX RSF516M RSR519M	M323 M223 M323 M323	0,65 0,84

Un indicador del óptimo rendimiento en cada sección de este sector es el ROP, lo que permite reconocer si la perforación está en el rango adecuado, si las operaciones muestran un ROP fuera del intervalo mínimo y máximo no

se logra la optimización e incrementa la posibilidad de enfrentarse a problemas, así como la prolongación del tiempo para la culminación del pozo.

La tubería de revestimiento en el Sector Norte se asienta con mayor frecuencia para la sección de 16" en la formación Orteguaza entre dentro del rango de profundidad de 4817-5646 pies en TVD, para la sección de 12 ¼" se lo ha realizado en las formaciones TIY CGL INF entre (6017-6282) pies TVD; NAPO CALIZA A entre (7615-7698) pies TVD; NAPO CALIZA M1 entre (9429-9447) pies TVD. En el Sección de 8 ½" en cambio asienta las tuberías de revestimiento de acuerdo al intervalo productor más profundo, así se destaca con mayor regularidad asentar en las formaciones NAPO ARENA M1 entre (7626-7706) pies TVD; NAPO ARENA T SUP entre (8053-8672) pies TVD; HOLLÍN entre (9955-9825) pies TVD.

### ***Sector Centro.***

De la comparación de los pozos con mayor rendimiento en el Sector Centro, se desatacan los rangos operacionales más adecuados de Caudal, Torque, RPM, WOB, peso del lodo, las características de las brocas corridas (tipo, TFA, IADC) y las formaciones que con frecuencia se asienta el Casing.

Para el Sector Centro, el ROP promedio para las secciones de 16", 12 ½" y 8½, son respectivamente 90,39, 30 pies por hora, los cuales son un adecuado indicador que las operaciones se desarrollan con normalidad, teniendo presente que se pueden alcanzar ROP aún mayores, si los ROP, disminuyen bajo los valores mínimos, será un indicativo de que los parámetros de hidráulica o brocas son inadecuados.

En la Cuadro 4.14 se detalla las características de las brocas corridas, las cuales se pueden asumir como referentes en futuras operaciones en las diferentes secciones del Sector Centro.



**Cuadro 4.14** Parámetros y Variables de Perforación Óptimos en el Sector Centro de la Cuenca Oriente.  
**Elaborado:** Autores.

SECCIÓN pulgadas	CAUDAL (gpm)	ROP PROMEDIA (pies/hora)	WOB (Klbs)	RPM	TORQUE (lbs-ft)	LODO (ppg)	ASENTAMIENTO DE CASING	BROCA	TIPO	IADC	TFA
16"	160 1000	52 89 115	2 28 40 290	2 18	8,5 12,9		T-IND (4599-4732)TVD ORT (+/- 5559)TVD TIY (+/- 4860)TVD	PDC	HCM605	M223	0,86 1,20
									SDI519MHPX	S123	
								TRIC	TFR519S	115	
12 ¼"	650 900	36 50 90	5 48 40 269	8 24	9,7 10,9		ORT (6015)TVD TIY CGL INF (+/- 7175)TVD TENA (8692-8697)TVD NAPO BASAL (8944-8949)TVD	PDC	FS2563Z	M223	0,77 1,21
									FX56S	M223	
									HCD605X	M323	
									HCD605ZX	S223	
									MDI519MHSPX	S223	
									MSI519HSPX	S223	
									MSI519HSPXX	S223	
8 ½"	180 600	27 33 40	2 38 40 210	1 22	9,6 11,8		HOLLIN (9182-10574)TVD	PDC	MSI619LVBXP	S223	0,66 0,77
									MSR519M	115	
									FMH3565ZR	M424	
									MDI616LBPX	M223	
									RSX616M	M432	

Además las experiencias muestran que en el Sector Centro de la Cuenca Oriente la tubería de revestimiento se asienta con mayor frecuencia para la sección de 16" en las formaciones T-IND entre (4599-4732) pies TVD; ORT (+/- 5559) pies TVD; TIY (+/- 4860) pies TVD, la sección de 12 ¼" lo efectúa en las formaciones ORT (+/- 6015) pies TVD; TIY CGL INF (7175) pies TVD; TENA entre (8692-8697) pies TVD; NAPO BASAL entre (8944-8949) pies TVD y para la sección de 8 ½" en la formación HOLLÍN entre (9182-10574) pies TVD.

### **Sector Sur.**

Del Sector Sur se estudiaron los pozos de mejor desempeño obteniéndose rangos adecuados para los parámetros, características de brocas a utilizarse y las formaciones comunes de asentamiento de Casing.

Se desatacan los rangos operacionales más adecuados de caudal, torque, RPM, WOB, peso del lodo, las características de las brocas corridas (tipo, TFA, IADC) y las formaciones de asentamiento de Casing, en el siguiente cuadro para el Sector Sur de la Cuenca Oriente.

En la Cuadro 4.15 se detalla las características de las brocas corridas, las cuales se pueden asumir como referentes en futuras operaciones en las diferentes secciones del Sector Sur.

**Cuadro 4.15** Parámetros y Variables de Perforación Óptimos en el Sector Sur de la Cuenca Oriente.

**Elaborado:** Autores.

SECCIÓN pulgadas	CAUDAL (gpm)	ROP PROMEDIA (pies/hora)	WOB (Klbs)	RPM	TORQUE (lbs-ft)	LODO (ppg)	ASENTAMIENTO DE CASING	BROCA	TIPO	IADC	TFA
16"	200 1100	56 77 99	2 24	40 85	1 14	8,5 10,1	T-IND (2458-5291)TVD ORT (5863-5926)TVD	PDC	FS2563Z FX56s HCM605 SDI519MHPX	S123 S123 M323 S123	0,77 1,14
12 ¼"	550 905	35 56 88	4 40	40 90	12 25	9,8 10	TIY (6630)TVD TENA (7162-9009)TVD NAPO ARENA "M1" (+/- 7749)TVD	PDC TRIC	FMHX563ZR HCM 605Z HCM 605Z QD605X SDI419HBPX MXL-CS20DX1	M323 M323 M323 M323 S123 S17	1,04 1,31
8 ½"	500 600	27 34 41	2 28	40 162	15 29	9,6 10,2	NAPO (7637-1037)TVD	PDC	FMH3565ZR HCD 506Z HCM506Z	M424 M323 M323	0,63 0,77

Para el Sector Sur, con regularidad los revestimientos han sido asentados para la sección de 16" en las formaciones T-IND entre (2458-5291) pies TVD; ORT entre (5863-5926) pies TVD, para la Sección de 12 ¼" se lo hace en las formaciones TIY (6630) pies TVD; TENA entre (7162-9009) pies TVD; NAPO ARENA "M1" (+/- 7749) pies TVD, y en la Sección de 8 ½" en la formación Napo entre (7637-1037) pies TVD.

# COMPARACIÓN DE PARÁMETROS OPTIMIZADOS CON EL POZO EDÉN

## YUTURI-135 SIDE TRACK 1.

### Plan Ejecutado.

						PROFUNDIDAD MEDIDA (pies)											
POZO	SECCIÓN pulgadas	TIPO	BROCA	IADC	TFA	IN	OUT	INTERVALO PERFORADO	HORAS PROMEDIA	CAUDAL (gpm)		ROP PROMEDIA (pies/hora)	WOB (Klbs)		RPM	LODO (ppg)	
ED YUT- 135 ST1 SECTOR CENTRO	26"	T11	PDC	S423	0,866	36	150	114	2,5	120	180	45,60	1	5	55	80	8,4
	16"	T11	PDC	M332	1,059	150	350	200	3,0	160	350	66,67	2	10	50	100	8,5
	16"	TFR519S	TRIC	115	0,863	350	5110	4760	41,5	550	1000	114,70	5	22	60	80	10,0
	12 ¼"	MSR519M	TRIC	115	0,796	5110	7294	2184	61,0	650	900	35,80	5	48	40	85	9,7
	12 ¼"	DSX519M	PDC	M422	0,945	7294	7878	584	18,0	820	860	32,44	5	20	75	85	9,8
	8 ½"	RSX616M	PDC	M432	0,663	7878	9670	1792	60,0	400	550	29,87	10	35	80	125	9,6
	6 ¾"	RT2G	PDC	M422	0,92	9670	9670	0	0,5	250	350	0,00	5	13	60	80	9,8
	6 ¾"	RSR613M	TRIC	127	0,518	9670	10126	456	24,5	230	270	18,61	8	25	100	120	9,8
	8 ½"	TC11	TRIC	217	0,92	7508	7626	118	7,0	500	550	16,86	20	45	60	90	9,6
	8 ½"	RSX616M	PDC	M422	0,663	7626	9645	2019	56,0	480	530	36,05	20	40	110	130	9,6
TOTAL									274.00								

### Plan Propuesto.

SECCIÓN pulgadas	CAUDAL (gpm)	ROP PROMEDIA (pies/hora)	WOB (Klbs)	RPM	LODO (ppg)	TFA	PROFUNDIDAD MEDIDA (pies)			HORAS PROMEDIO		
							ENTRADA	SALIDA	INTERVALO PERFORADO	MÍNIMO	NORMAL	EFICIENTE
26"	120 180	45,6	1 5	55 80	8,4	0,86	36	150	114	2,5	2,5	2,5
16"	160 1000	52 89 115	2 28	40 290	8,5 12,9	0,86 1,20	150	5110	4960	95,4	55,7	43,1
12 ¼"	650 900	36 50 90	5 48	40 269	9,7 10,9	0,77 1,21	5110	7508	2398	66,6	48,0	26,6
8 ½"	180 600	27 33 40	2 38	40 210	9,6 11,8	0,66 0,77	7508	9645	2137	79,1	64,8	53,4
										243,6	170,9	125,7

### Ahorro en Tiempo.

COMPARACIÓN DE TIEMPOS			
REAL	MÍNIMO	NORMAL	EFICIENTE
274,0	243,6	170,9	125,7
AHORRO	30,4	103,1	148,3
%	11%	38%	54%

El pozo EDÉN YUTURI-135 SIDE TRACK 1 debido a sus problemas operacionales requirió 274 horas promedias de perforación y aplicando los parámetros optimizados se puede lograr teóricamente un ahorro de tiempo mínimo de 30 horas, normal de 103 horas y eficiente de 148 horas, demostrando así que se pudo haber logrado un ahorro mínimo de 11%, normal de 38% y máximo de 54% en las operaciones.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES.

- Con el objeto de que las operaciones de perforación se optimicen disminuyendo el tiempo de las operaciones y por ende costos se obtuvo los parámetros más eficientes en los sectores: Norte, Centro y Sur de la Cuenca Oriente:

#### Sector Norte.

SECCIÓN pulgadas	CAUDAL (gpm)	ROP PROMEDIA (pies/hora)	WOB (Klbs)	RPM	TORQUE (lbs-ft)	LODO (ppg)	ASENTAMIENTO DE CASING	BROCA	TIPO	IADC	TFA
16"	150 1100	60 87 108	2 30	40 195	1 14	8,4 10,2	ORT (4817-5646)TVD	PDC	FS2563Z FX56S SDI519MHPX	S123 S123 S123	0,96 1,10
12 ¼"	650 880	36 65 116	4 58	30 220	8 24	9,6 10,5	TIY CGL INF (6017-6282)TVD NAPO CALIZA A (7615-7698)TVD NAPO CALIZA M1 (9429-9447)TVD	PDC	FM3563Z FMHX563ZR HCR605 MSI519HSPX RSR519M	M223 M223 M323 M223 M323	0,87 1,12
8 ½"	390 570	25 36 42	2 30	40 187	9 24	9,0 10,1	NAPO ARENA M1 (7626-7706)TVD NAPO ARENA T SUP (8053-8672)TVD HOLLIN (9955-9825)TVD	PDC	HC505ZX MDI616LBPX RSF516M RSR519M	M323 M223 M323 M323	0,65 0,84

## Sector Centro.

SECCIÓN pulgadas	CAUDAL (gpm)	ROP PROMEDIA (pies/hora)	WOB (Klbs)	RPM	TORQUE (lbs-ft)	LODO (ppg)	ASENTAMIENTO DE CASING	BROCA	TIPO	IADC	TFA
16"	160 1000	52 89 115	2 28	40 290	2 18	8,5 12,9	T-IND (4599-4732)TVD ORT (+/- 5559)TVD TIY (+/- 4860)TVD	PDC	HCM605	M223	0,86 1,20
								TRIC	SDI519MHPX TFR519S	S123 115	
12 ¼"	650 900	36 50 90	5 48	40 269	8 24	9,7 10,9	ORT (6015)TVD TIY CGL INF (+/- 7175)TVD TENA (8692-8697)TVD NAPO BASAL (8944-8949)TVD	PDC	FS2563Z FX56S HCD605X HCD605ZX MDI519MHSPX MSI519HSPX MSI519HSPXX MSI619LVBPX	M223 M223 M323 S223 S223 S223 S223 S223	0,77 1,21
								TRIC	MSR519M	115	
8 ½"	180 600	27 33 40	2 38	40 210	1 22	9,6 11,8	HOLLIN (9182-10574)TVD	PDC	FMH3565ZR MDI616LBPX RSX616M	M424 M223 M432	0,66 0,77

## Sector Sur.

SECCIÓN pulgadas	CAUDAL (gpm)	ROP PROMEDIA (pies/hora)	WOB (Klbs)	RPM	TORQUE (lbs-ft)	LODO (ppg)	ASENTAMIENTO DE CASING	BROCA	TIPO	IADC	TFA
16"	200 1100	56 77 99	2 24	40 85	1 14	8,5 10,1	T-IND (2458-5291)TVD ORT (5863-5926)TVD	PDC	FS2563Z FX56s HCM605 SDI519MHPX	S123 S123 M323 S123	0,77 1,14
12 ¼"	550 905	35 56 88	4 40	40 90	12 25	9,8 10	TIY (6630)TVD TENA (7162-9009)TVD NAPO ARENA "M1" (+/- 7749)TVD	PDC	FMHX563ZR HCM 605Z HCM 605Z QD605X SDI419HBPX	M323 M323 M323 M323 S123	1,04 1,31
								TRIC	MXL-CS20DX1	517	
8 ½"	500 600	27 34 41	2 28	40 162	15 29	9,6 10,2	NAPO (7637-1037)TVD	PDC	FMH3565ZR HCD 506Z HCM506Z	M424 M323 M323	0,63 0,77

Los cuales sirven de guía para efectuar futuros programas de perforación, control y fiscalización de la perforación de nuevos pozos, tomando en cuenta el sector y la sección del pozo.

- La importancia de la información de pozos vecinos como: litología parámetros operacionales datos geofísicos, perfiles direccionales (survey) son elementos imprescindibles para el diseño de las herramientas, equipos, químicos, etc., para una correcta ejecución de las operaciones de perforación.
- En las Formaciones en donde se obtiene mayores problemas durante la perforación de los pozos analizados, se las denomino como

Formaciones Críticas que constituyen la Formación: Tiyuyacu, Tena y Napo; en donde se evidencio la profundización de estas formaciones con mayor medida en el Sector Centro y en el Sector Sur en menor proporción, motivo por el cual la frecuencia de problemas aumenta en estos sectores.

- La caracterización litológica de la Formaciones Críticas (Tiyuyacu, Tena y Napo), permite la selección acertada de las brocas al evitar viajes innecesarios, seleccionando la estructura de corte más adecuada, para obtener un buen desempeño en la perforación aplicando los parámetros optimizados de acuerdo al Sector en el que se realiza las operaciones.
- Para garantizar que la broca trabaje a altas ROP, es importante prestar más interés en el WOB que en la RPM en ambos tipos de broca PDC y Tricónicas, además un indicador de problemas en los cortadores de la broca o que está ocurriendo algún tipo de desviación inesperada es un Torque fuera del rango optimizado en cualquier Sector de la Cuenca Oriente.
- Las tuberías de revestimiento se ubican de acuerdo a las necesidades que se presenten en la perforación como aislar zonas, evitar acuíferos y soportar el peso de la configuración y mecanismo de producción del pozo, con lo cual se puede sugerir asentar los Casing en las formaciones y profundidades descritas en los cuadros de resultados.
- El óptimo desempeño en la perforación en armonía con los parámetros y variables optimizadas, dependerán de que se disponga de equipos certificados y con las especificaciones requeridas, siempre con mira a desarrollar alta eficiencia en las operaciones y planes trazados.

## **RECOMENDACIONES.**

- Para recopilar la información necesaria al efectuar investigaciones de este tipo, resulta necesario que los reportes de perforación detallen todas las etapas de la perforación; reportando con minuciosidad los registros geológicos, surveys, asentamientos de casing, bit records y demás.
- Para atravesar la formación Tiyuyacu en los tres Sectores de la Cuenca Oriente y más específicamente en el Sector Centro donde esta formación se encuentra a mayor profundidad se recomienda tener un alto peso sobre la broca y baja rotación al llegar al conglomerado , las características del Chert (dureza, abrasividad).
- Es necesario la utilización de brocas Tricónicas con dientes de acero para perforar el Terciario Indiferenciado constituido en la superficie por cantos rodados y formaciones poco compactas; en las zonas arcillosas deben ser enfrentadas con altos ROP's para ello es necesario propiciar a la sarta una buena área de desalojo de ripios, brocas con dientes grandes y lodos adecuados para esta litología, lo cual evitará hinchamientos en estas zonas.
- Para lograr resultados más exactos, es vital desarrollar un proyecto que aplique métodos similares al presentado, pero con mayor cantidad de información, desarrollando en forma específica a un Sector de la Cuenca Oriente.

## **CAPÍTULO VI**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEBGRAFÍA.**

#### **BIBLIOGRAFÍA CITADA.**

Almeida Campana, D. E., & Cárdenas Cárdenas, D. R. (2010). Optimización de la perforación de pozos direccionales de los principales campos de PETROPRODUCCIÓN en la Cuenca Oriente en base a su caracterización litológica. Tesis-EPN, pag. 8-27-28.

ARCH. (2010). Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero. Recuperado el 23 de Julio de 2012, de ARCH:  
<http://www.arch.gob.ec/index.php/nuestra-institucion/quienes-somos.html>

Buenas Tareas. (Julio de 2010). Hidraulica De Pozos. Recuperado el 4 de Enero de 2013, de BuenasTareas.com:  
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Hidraulica-De-Pozos/527540.html>

CEDIP, U. (20 de Septiembre de 2012). grupocedip. Recuperado el 9 de Enero de 2013, de grupocedip.com:  
<http://www.cedip.edu.mx/tomos/tomo08.pdf>

DASHWOOD, & ABBOTTS. (1990). Aspects of the petroleum geology of the Oriente Basin, Ecuador.

DATALOG. (2001). OPERATIONS MANUAL. WELLSITE, 112-129.



DE LA TORRE GONZÁLEZ, P. A. (2008). SELECCIÓN DE BARRENAS POR CORRELACIÓN. Tesis-UNAM, pag. 11,17.

EP PETROECUADOR. (2010). Columna Estratigrafica Cuenca Oriente.

FAUCHER , & SAVOYAT. (1973). Esquema Geológico de los Andes Ecuatorianos.

González Macas, A. A., Jara Holguín, M. H., & Ramírez Peña, L. V. (2010). Diseño Del Programa De Brocas Requerido Para Perforar El Pozo Direccional XD. Tesina-ESPOL, pag. 16-17-40-41-42-43-44-45.

Instituto Americano del Petróleo. (2001). PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR PARA LAS PRUEBAS DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN. MANUAL DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN, pag 2.1.

JAILLARD. (1997). Síntesis Estratigráfica y Sedimentológica del Cretáceo y Paleógeno de la Cuenca Oriental del Ecuador. En JAILLARD, Síntesis Estratigráfica y Sedimentológica del Cretáceo y Paleógeno de la Cuenca Oriental del Ecuador (págs. pg. 30-35). Quito.

JAYA JARAMILLO, J. M. (2009). ANALISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA PERFORACIÓN DE POZOS DIRECCIONALES EN EL CAMPO SHUSHUFINDI. Tesis-UCE, pag. 119-124,144.

Jiménez Pernía, J. A., & Rivera García, C. E. (2009). “Mejoramiento de la Hidráulica de Pozos Verticales y Direccionales Durante su Construcción”. Tesis-UNIVERSIDAD DE ORIENTE, pag. 49-51.

MSC. Cruz R , A. (2009). INGENIERÍA DE PERFORACIÓN. Cabimas: TECANA AMERICAN UNIVERSITY.

ORDOÑEZ , et al. (2006). MICROPALAEONTOLOGÍA ECUATORIANA.

PDVSA. (2002). Fluidos de perforación ISBN. Paraiso: Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED).

PerfoBlogger. (19 de Junio de 2011). HIDRAULICA APLICADA A MECHAS DE PERFORACION. Recuperado el 7 de Enero de 2013, de PerfoBlogger.com: <http://achijj.blogspot.com/2011/06/mechas-e-hidraulica-aplicada-para-las.html>

Ramírez. (2008). Modelo Depositacional de la Arenisca U en el Centro-Noroccidente de la Cuenca Oriente. Tesis-EPN, pag. 9.

RAYNAUD. (2008). citado por RAMIREZ Tesis-EPN. En Modelo Depositacional de la Arenisca U en el (pág. pg. 23).

RIVADENEIRA, & BABY. (1999). La Cuenca oriente: Estilo Tectónico, Etapas de Deformación y Características Geológicas de los Principales Campos de Petroproducción.

Smith Internacional. (2005). Teoria de Mechass. Recuperado el 22 de Octubre de 2012, de Smith Bits.

#### BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

BALDOCK. (1982). GEOLOGY OF ECUADOR.

CARDEN, R. (2003). "Directional Drilling", Drilling Practices. Vol. II. Tulsa - USA.

CARDEN, R. ( 2003). "Drilling Cost Control", Drilling Practices. Vol. II. Tulsa - USA.

CARDEN, R. (2003). "Pressure Control", Drilling Practices. Vol. II. Tulsa - USA.

DASHWOOD Y ABBOTTS. (1990). Aspects of the petroleum geology of the Oriente Basin, Ecuador.

DEVEREUX S. (2006). Practical Well Planning and Drilling Manual, Pennwell Corporation. Tulsa-Oklahoma.

HAWKER, D. (2001) et. al. Procedimientos y operaciones en el pozo. 3era edicion. Datalog, Alberta – Canadá.

IACD. (2000). IACD Drilling Manual. 11va edicion. Technical Toolboxes. Houston – USA.

PEMEX, (2000). Barrenas e hidráulica de perforación. México.

PEMEX, ( 2000). Diseño de la perforación de pozos. México.

PEMEX, (2000). Guía de diseño para la hidráulica en la perforación de pozos petroleros. México.

#### WEBGRAFÍA.

Buenas Tareas. (Julio de 2010). Hidraulica De Pozos. Recuperado el 4 de Enero de 2013, de BuenasTareas.com:  
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Hidraulica-De-Pozos/527540.html>

CEDIP, U. (20 de Septiembre de 2012). grupocedip. Recuperado el 9 de Enero de 2013, de grupocedip.com:  
<http://www.cedip.edu.mx/tomos/tomo08.pdf>

PerfoBlogger. (19 de Junio de 2011). HIDRAULICA APLICADA A MECHAS DE PERFORACION. Recuperado el 7 de Enero de 2013, de PerfoBlogger.com: <http://achijj.blogspot.com/2011/06/mechas-e-hidraulica-aplicada-para-las.html>

## **CAPÍTULO VII**

## **ANEXOS.**

ANEXO C

ANEXO C. MATRIZ DE RECOPIACIÓN DE PARÁMETROS DE PERFORACIÓN.

SECTOR	POZO	SECCION (pulgadas)	BROCAS					PROFUNDIDAD MEDIDA (pies)			HORAS PROMEDIA	ROP PROMEDIA (pies/hora)	ROP PROMEDIA (pies/dia)	WOB	RPM	LODO (ppg)	PROFUNDIDAD MEDIDA (pies)	TIEMPO DE PERFORACION (dias)
			MARCA	TIPO	N° SERIE	IADC	BOQUILLAS	TFA	ENTRADA	SALIDA								
NORTE	POZO 1																	
	POZO 2																	
	POZO 3																	
	POZO 4																	
	POZO 5																	
	POZO 6																	
	POZO 7																	
CENTRO	POZO 1																	
	POZO 2																	
	POZO 3																	
	POZO 4																	
	POZO 5																	
	POZO 6																	
	POZO 7																	
SUR	POZO 1																	
	POZO 2																	
	POZO 3																	
	POZO 4																	
	POZO 5																	
	POZO 6																	
	POZO 7																	

ANEXO C-1.

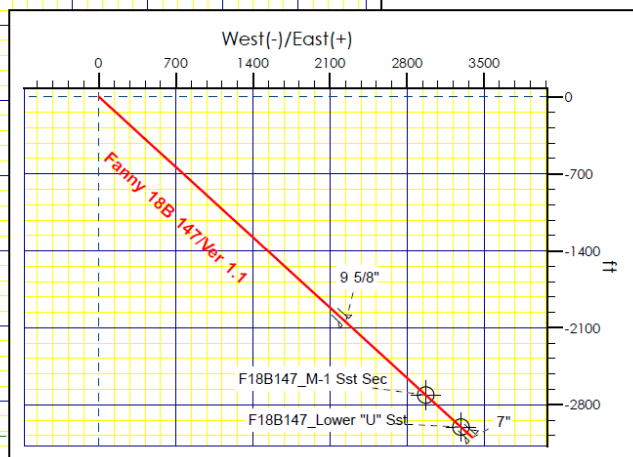
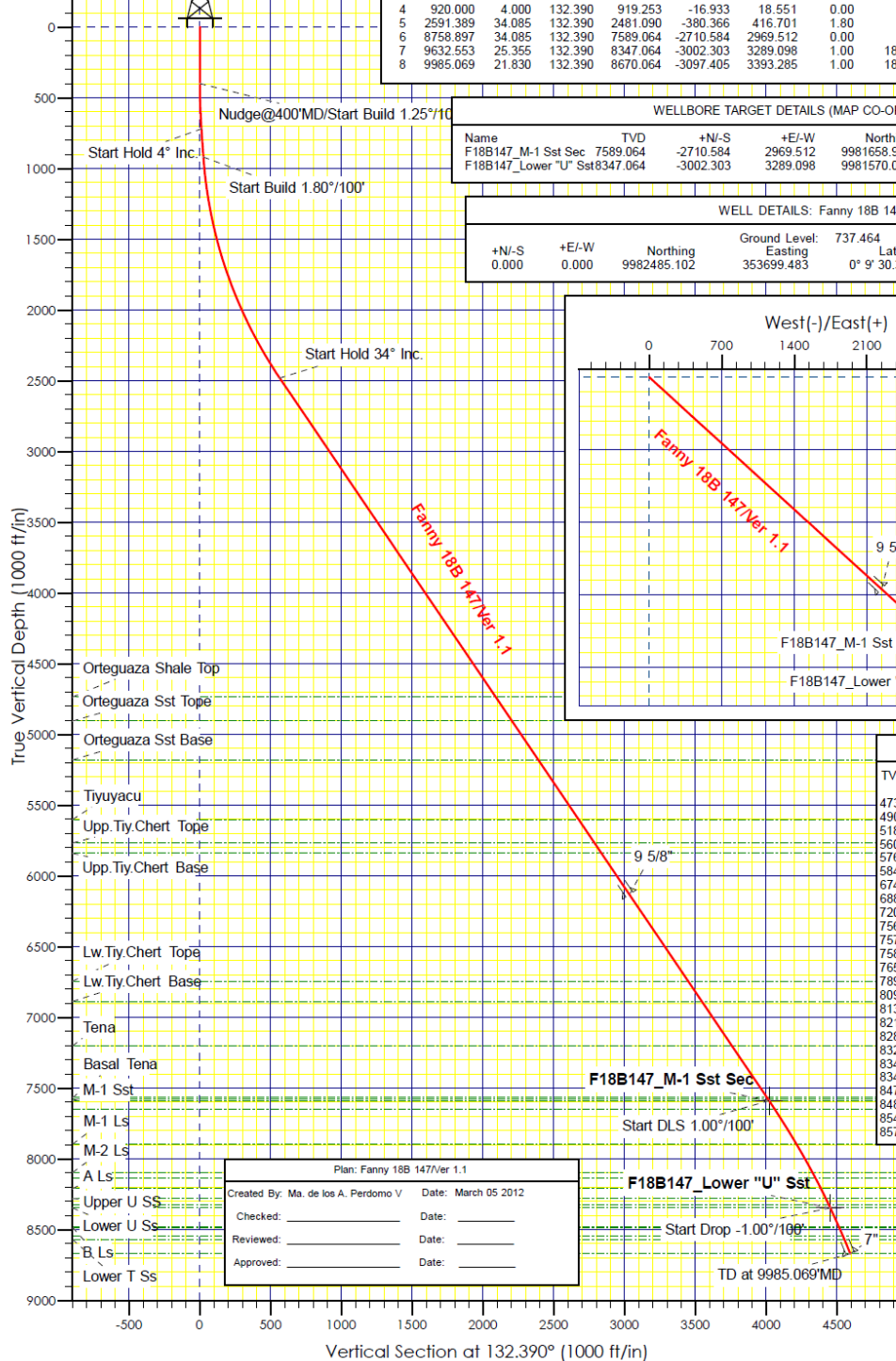
**Survey de Pozo.**

Project: Andes Petroleum Ecuador Ltd  
Site: Tarapoa 2 PAD  
Well: Fanny 18B 147  
Wellbore: Fanny 18B 147  
Design: Fanny 18B 147/Ver 1.1

SECTION DETAILS										
Sec	MD	Inc	Azi	TVD	+N/-S	+E/-W	DLeg	TFace	VSec	Target
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	
2	400.000	0.000	0.000	400.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	
3	720.000	4.000	132.390	719.740	-7.528	8.247	1.25	132.39	11.166	
4	920.000	4.000	132.390	919.253	-16.933	18.551	0.00	0.00	25.117	
5	2591.389	34.085	132.390	2481.090	-380.366	416.701	1.80	0.00	564.197	
6	8758.897	34.085	132.390	7589.064	-2710.584	2969.512	0.00	0.00	4020.605	F18B147_M-1 Sst Sec
7	9632.553	25.355	132.390	8347.064	-3002.303	3289.098	1.00	180.00	4453.312	F18B147_Lower "U" Sst
8	9985.069	21.830	132.390	8670.064	-3097.405	3393.285	1.00	180.00	4594.377	

WELLBORE TARGET DETAILS (MAP CO-ORDINATES)						
Name	TVD	+N/-S	+E/-W	Northing	Easting	Shape
F18B147_M-1 Sst Sec	7589.064	-2710.584	2969.512	9981658.916	354604.590	Circle (Radius: 75.000)
F18B147_Lower "U" Sst	8347.064	-3002.303	3289.098	9981570.000	354702.000	Circle (Radius: 75.000)

WELL DETAILS: Fanny 18B 147						
+N/-S	+E/-W	Northing	Ground Level:	Latitude	Longitude	Slot
0.000	0.000	9982485.102	737.464	0° 9' 30.309 S	76° 18' 52.571 W	C12



FORMATION TOP DETAILS		
TVDPath	MDPath	Formation
4735.064	5312.899	Ortegua Shale Top
4905.064	5518.161	Ortegua Sst Top
5180.064	5850.204	Ortegua Sst Base
5601.064	6358.531	Tiyuyacu
5767.064	6558.964	Upp.Tiy.Chert Top
5840.064	6647.106	Upp.Tiy.Chert Base
6743.064	7737.413	Lw.Tiy.Chert Top
6887.064	7911.283	Lw.Tiy.Chert Base
7201.064	8290.415	Tena
7567.064	8732.333	Basal Tena
7579.064	8746.822	M-1 Zone
7589.064	8758.897	M-1 Sst
7652.064	8834.628	M-1 Ss Base
7896.064	9122.041	M-1 Ls
8096.064	9351.419	M-2 Ls
8134.064	9394.436	M-2 Sst
8210.064	9479.969	A Ls
8281.064	9559.294	Upper U Ss
8326.064	9609.292	Mid U Marker
8342.064	9627.018	Lower U Zone
8347.064	9632.553	Lower U Ss
8477.064	9775.579	B Ls Zone
8485.064	9784.328	B Ls
8545.064	9849.760	Upper T Ss
8570.064	9876.929	Lower T Ss

CASING DETAILS			
TVD	MD	Name	Size
6132.333	7000.000	9 5/8"	9.625
8670.064	9985.069	7"	7.000

Plan: Fanny 18B 147/Ver 1.1  
Created By: Ma. de los A. Perdomo V Date: March 05 2012  
Checked: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_  
Reviewed: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_  
Approved: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

ANEXO C-2.

**Cuadro General de Problemas Sector Norte.**





ANEXO C-3.

**Cuadro General de Problemas Sector Centro.**



ANEXO C-4.

**Cuadro General de Problemas Sector Sur.**



ANEXO C-5.

**Bit Record de Pozo.**



ANEXO C-6.

**Cuadro General de Parámetros Operacionales Sector Norte.**





ANEXO C-7.

**Cuadro General de Parámetros Operacionales Sector Centro.**



ANEXO C-8.

**Cuadro General de Parámetros Operacionales Sector Sur.**



## ANEXO D

### GLOSARIO.

#### ***Apertura de ventana (SideTrack)***

Significa o es salir en una trayectoria diferente a la perforada, a través de un pozo puede ser un agujero descubierto o entubado.

#### ***Área total de flujo (TFA):***

Traducido al inglés sería: Total Flow Area (TFA), representa la sumatoria de las áreas de los chorros de la broca a través de los cuales pasa el flujo.

#### ***Arremetida***

Es aquella que se origina por un desbalance entre la presión de la formación y la presión hidrostática ejercida por la columna de fluido de trabajo.

#### ***Azimuth (Dirección de Pozo)***

En un determinado punto el azimuth es la dirección del pozo en un plano, medido en grados en sentido horario (0°- 360°).

#### ***Cementación***

Es la técnica por la cual se prepara, bombea y ubica una mezcla de cemento y aditivos dentro del pozo, con fines de fijar la tubería, crear un aislamiento, reparar o abandonar zonas o el pozo.

#### ***Conglomerado***

Es una roca sedimentaria de tipo detrítico formada mayoritariamente por clastos redondeados tamaño grava o mayor (>2 mm). Dichos clastos pueden corresponder a cualquier tipo de roca. Un tipo de roca similar son las brechas pero estas se distinguen de los conglomerados por estar compuestas de clastos angulosos. Los conglomerados componen menos del 1% de las rocas sedimentarias del mundo en cuanto refiere su peso.

**Desvío**

Es la distancia horizontal de cualquier punto del hoyo al eje vertical a través del cabezal. También se le conoce como Desviación Horizontal.

**Explotación**

El planeamiento, ejecución y evaluación de estudios geológicos, geofísicos, geoquímicas y otros; así como la perforación de pozos exploratorios y actividades conexas necesarias para el descubrimiento de hidrocarburos; incluyendo la perforación de pozos confirmatorios para la evaluación de los reservorios descubiertos.

**Fluido**

Sustancia capaz de fluir bajo mínima presión. El término incluye gases, líquidos y sólidos fluidificados.

**Fuerza de impacto (HSI)**

El cual representa el índice o la fuerza con que la broca se enfrenta a la formación, contribuyendo al efecto de flotabilidad de la broca.

**Inclinación (Drift)**

Es el ángulo entre la vertical y la tangente al eje axial del pozo en un determinado punto.

**Limpieza**

Es aquella que tiene como objetivo restaurar la capacidad de flujo natural de la formación restableciendo la permeabilidad original.

**Pesca**

Es la recuperación de cualquier objeto o herramienta dejada en el pozo.

**Peso sobre la broca (WOB)**

Es la carga vertical que se aplica a las brocas para incrementar la rata de penetración.

## ***Pozo***

Cavidad en la corteza terrestre como resultado de la perforación efectuada para descubrir o producir hidrocarburos, inyectar agua o gas u otros objetivos.

## ***Presión de formación***

Es la presión de los fluidos contenidos en los espacios porosos de una roca.

## ***Presión de fractura***

Es la presión que resiste la formación antes de abrirse o fracturarse en un punto dado del hoyo abierto.

## ***Profundidad vertical verdadera (TVD)***

Es la distancia vertical del cualquier punto dado del hoyo al piso de la cabria.

## ***Profundidad desarrollada /PD (Measured depth/MD)***

Es la distancia medida a lo largo de la trayectoria real del pozo, desde el punto de referencia en la superficie, hasta el punto de registros direccionales.

## ***Tasa de penetración (ROP)***

Es un indicador que determina el rendimiento de las operaciones de perforación permite decidir si continuar perforando con una broca.

## ***Torque***

El torque rotativo es un indicador de lo que está pasando al nivel de la broca de perforación.

## ***Velocidad de rotación (RPM)***

La velocidad de rotación total de la broca es igual a la velocidad de rotación en superficie más la velocidad de rotación del motor en profundidad.



## ANEXO E

### **CURRÍCULUM VITAE.**

*(CURRICULUM VITAE)*

**VILLEGAS VÉLEZ FAUSTO EDUARDO**



***DATOS PERSONALES***

<b>NACIONALIDAD:</b>	Ecuatoriana
<b>APELLIDOS:</b>	Villegas Vélez
<b>NOMBRES:</b>	Fausto Eduardo
<b>FECHA DE NACIMIENTO:</b>	03 de Septiembre de 1986
<b>CIUDAD DE NACIMIENTO:</b>	Ambato
<b>CIUDAD DE RESIDENCIA:</b>	Quito
<b>CEDULA DE IDENTIDAD:</b>	172079424-5
<b>ESTADO CIVIL:</b>	Soltero
<b>DIRECCIÓN:</b>	Recalde N25-33 y Munive Pambachupa
<b>TELÉFONO:</b>	0992952279 – 0986103871
<b>E-MAIL:</b>	<a href="mailto:fevv030986@hotmail.com">fevv030986@hotmail.com</a>

***FORMACIÓN SECUNDARIA***

<b>INSTITUCIÓN:</b>	Instituto Tecnológico Superior Bolívar (Ambato)
<b>TÍTULO EJERCIDO:</b>	Bachiller en Ciencias
<b>OPCIÓN:</b>	Físico Matemático

## ***FORMACIÓN UNIVERSITARIA***

---

Ingeniero en Petróleos

Egresado de la Escuela de Petróleos

Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental

Universidad Central del Ecuador

## ***NIVEL DE INGLÉS***

---

Intermedio

## ***OBJETIVOS***

---

Soy Ing. en Petróleos de la Facultad de Ingeniería en Petróleos de la Universidad Central del Ecuador; me he desenvuelto en mi facultad realizando varios modelos computacionales en el área de Yacimientos, Producción y Perforación; además he trabajado durante mi vida estudiantil con algunos Ingenieros de mi facultad en varias áreas. Me gusta mi carrera y mi enfoque es aprender y aportar en el trabajo que se me otorgue, siempre en busca de crecer en el aspecto profesional y laboral.

## ***HABILIDADES***

---

Programación, manejo de paquete Office nivel Avanzado con aplicación de Macros, manejo de AutoCAD, Petrel 2009, Eclipse 2009, manejo de programas (software) en corto tiempo.

## ***PRACTICAS PRE PROFESIONALES Y EXPERIENCIA LABORAL***

---

- Operaciones RIO NAPO CEM Practicas Pre-profesionales en el Area de perforación y Producción (Agosto 2011).
- ARCH (Agencia de Regulación Y Control Hidrocarburífero) Elaboración de Tesis: Optimización de Parámetros de Perforación en la Cuenca Oriente. Además de la colaboración con la fiscalización de Trabajos de Perforación (Julio 2012–Marzo 2013).

- Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental (UCE)  
Elaboración de modelos computacionales (Software) en varias áreas como: Ingeniería de Yacimientos, Ingeniería de Producción; además he trabajado con algunos Ingenieros de mi Facultad en diferentes trabajos como Consultorías de Trabajos de perforación fuera del ámbito estudiantil (Septiembre 2011-Noviembre 2011).
- BGP International ECUADOR CO.S.A, Supervisor QC (Quality Control), manejo y supervisión de control de parámetros operacionales en Exploración Sísmica 3D, desarrollo y elaboración de informes diarios y manejo de base de datos, elaboración de macros para manejo accesible de la información.
- COMPUSISTEM Área de Mantenimiento.

### ***CURSOS REALIZADOS***

- Manejo de Sistemas Operativos Windows, Linux y amplio conocimiento en Microsoft Office.
- Manejo de programación en VISUAL BASIC y EXCEL avanzado con aplicación de MACROS.
- NERSA Capacitación: Atención al cliente, Amplio desenvolvimiento laboral, Capacitación hacia el cliente, Enfoque laboral.
- I Congreso Técnico SCHLUMBERGER – Escuela Politécnica Nacional SPE Student Chapter.
- Seminario sobre “APLICACIÓN DE TÉCNICAS NUCLEARES EN LA INDUSTRIA PETROLERA”, con el auspicio de Subsecretaria de Control, Investigación y Aplicaciones Nucleares – SCIAN del Ministerio de Electricidad Energía Renovable. Instituto Superior de Investigaciones FIGEMPA.
- I Seminario Latinoamericano y del Caribe de Petróleo y Gas sobre “GENERACIÓN DE VALOR EN LA EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS”, con el auspicio de La Organización

Latinoamericana de Energía OLADE, Ministerio de Recursos Naturales No Renovables.

- Seminario de INTEGRIDAD DE TUBERÍAS dictado por REPSOL YPF, dictada por REPSOL YPF.
- I Jornadas Técnicas de RECUPERACIÓN MEJORADA DE PETRÓLEO & FORO DE EXPERTOS EN CONTROL DE AGUA, dictada por miembros SPE.
- Curso de ESTIMULACIÓN Y FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO Schlumberger.
- II ENCUENTRO DEL PETRÓLEO ECUADOR 2011, avalado por el Ministerio de Recursos Naturales no Renovables y EP Petroecuador.
- IV OIL and GAS INTERNACIONAL EXPO AND CONGRESS ECUADOR 2011, avalado por el Ministerio de Recursos Naturales No Renovables del Ecuador.

## ***REFERENCIAS***

Ing. Geovanna Gallegos	Telf: 0984259729
Ing. Patricio Izurieta	Telf: 0999017109
Ing. Jorge Erazo	Telf: 0998754191
Ing. Hugo Barros	Telf: 0998125694
Ing. Marcelo Rosero	Telf: 0998823768
Ing. Enma Janeth Velez	Telf: 032842892- 0995797534
QF. Evelyn Villegas	Telf: 0988739129 - 0987770982

(CURRICULUM VITAE)

**CRISTIAN JAVIER CALISPA MANTILLA**

**DATOS PERSONALES:**

*Nombres:* Cristian Javier  
*Apellidos:* Calispa Mantilla  
*Fecha de nacimiento:* 11 Septiembre de 1988  
*Cédula Identidad:* 1720539913  
*Estado civil:* Soltero  
*Nacionalidad:* Ecuatoriana  
*Dirección:* Cdla. Argentina calle "E" S48-235  
*Teléfonos:* 2691-982; 3652-471  
*Celular:* 0983285447  
*E-mail:* crisbest88@hotmail.com



---

**INSTRUCCIÓN**

Superior: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

---

**ESTUDIOS REALIZADOS**

COLEGIO JIM IRWIN (Quito)

Titulo/Certificado: Bachiller en Ciencias especialización Físico Matemático

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS PETRÓLEOS Y  
AMBIENTAL

Titulo/Certificado: INGENIERÍA EN PETRÓLEOS

## **CAPACITACIÓN**

Curso de inglés intermedio – avanzado 1. CENTRO EDUCACIONAL DE IDIOMAS Y ESPECIALIDADES ADMINISTRATIVAS C.A. (CENDIA).

---

## **CURSOS REALIZADOS Y CERTIFICADOS**

- SCHLUMBERGER, I CONGRESO TÉCNICO SCHLUMBERGER
  - SCHLUMBERGER, ESTIMULACIÓN Y FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO.
  - UCE, SEHIACA, NUEVAS TECNOLOGÍAS DE MONITOREO DE HIGIENE OCUPACIONAL EN RUIDO, VENTILACIÓN Y VIBRACIONES HUMANAS.
  - UCE, OPTIMIZACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN E INCREMENTO DE LA RECUPERACIÓN DE CRUDO SOBRE LA BASE DEL MODELO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LOS YACIMIENTOS.
  - UCE, SPE, GRUPO SYNERGY E&P ECUADOR, “WORKSHOP DE SIMULACIÓN DE RESERVORIOS Y MODELAMIENTO GEOLÓGICO (PETREL Y ECLIPSE)”
  - MANEJO DE SISTEMAS OPERATIVOS WINDOWS, LINUX Y AMPLIO CONOCIMIENTO EN MICROSOFT OFFICE.
- 

## **CONDECORACIONES**

- Certificado: participación en el V Congreso Juvenil “Ecuador un país para vivir” “Unidad Educativa Experimental La Dolorosa”
- Diploma: Finalista en debate “Ser honesto si se puede” Corporación Hogar y El Colegio Sebastián de Ben alcázar.

## **PRACTICAS PRE PROFESIONALES Y EXPERIENCIA LABORAL**

- SAXON ECUADOR SERVICES,  
Área trabajos de reacondicionamiento de pozos RIGS 34, 56, 47, 7.  
Campo base, supervisor de seguridad y gestión ambiental.
- Agencia de Regulación Y Control Hidrocarburífero (ARCH) Elaboración de  
Tesis: Optimización de Parámetros de Perforación en la Cuenca Oriente.  
Además de la colaboración con la fiscalización de Trabajos de Perforación  
(Julio 2012–Marzo 2013).
- BGP International ECUADOR CO. S.A, Supervisor QC (Quality Control)  
Casa Blanca y Control Operaciones Campo. Manejo y supervisión de control  
de parámetros operacionales en Exploración Sísmica 3D.
- Radio La Luna. Locución y Comunicación organizacional. (Junio de 2008,  
Junio 2009)

---

## **REFERENCIAS PERSONALES**

- Ing. Luis Cadena. TLF: 087013340
- Sr. Juan Armas C. TLF: 095005455
- Ing. Sergio Carrera TLF: 2697522
- Ing. Patricio Izurieta TLF: 0999017109
- Ing. Marcelo Rosero TLF: 0998823768
- Sr. Edison Collaguaso TLF: 0996784885